



XVI Convención
**"Modelos de riesgo, desarrollos actuales
y eventos naturales recientes"**
Octubre 16 de 2019

Algunos efectos del hundimiento regional de la ciudad de México

(respuesta símica, agrietamiento)

EFRAÍN OVANDO SHELLEY, Instituto de Ingeniería, UNAM



VISTA IDEALIZADA DE LA CIUDAD DE MÉXICO-TENOCHTITLAN
A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVI

Modelo geológico (Mooser, 1996)



La cuenca de México en el Cuaternario (700 mil años)
Sierra de Chichinautzin (9)



Superficie de los lagos en diferentes épocas (Elizabeth Schling Kiel, 1938)



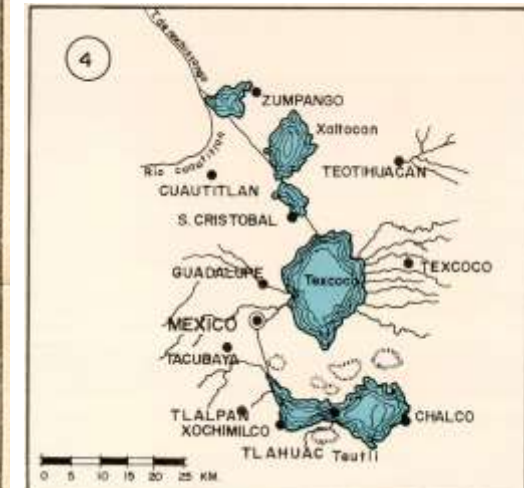
Los límites aproximados durante la época diluvial



A comienzo del siglo XVI

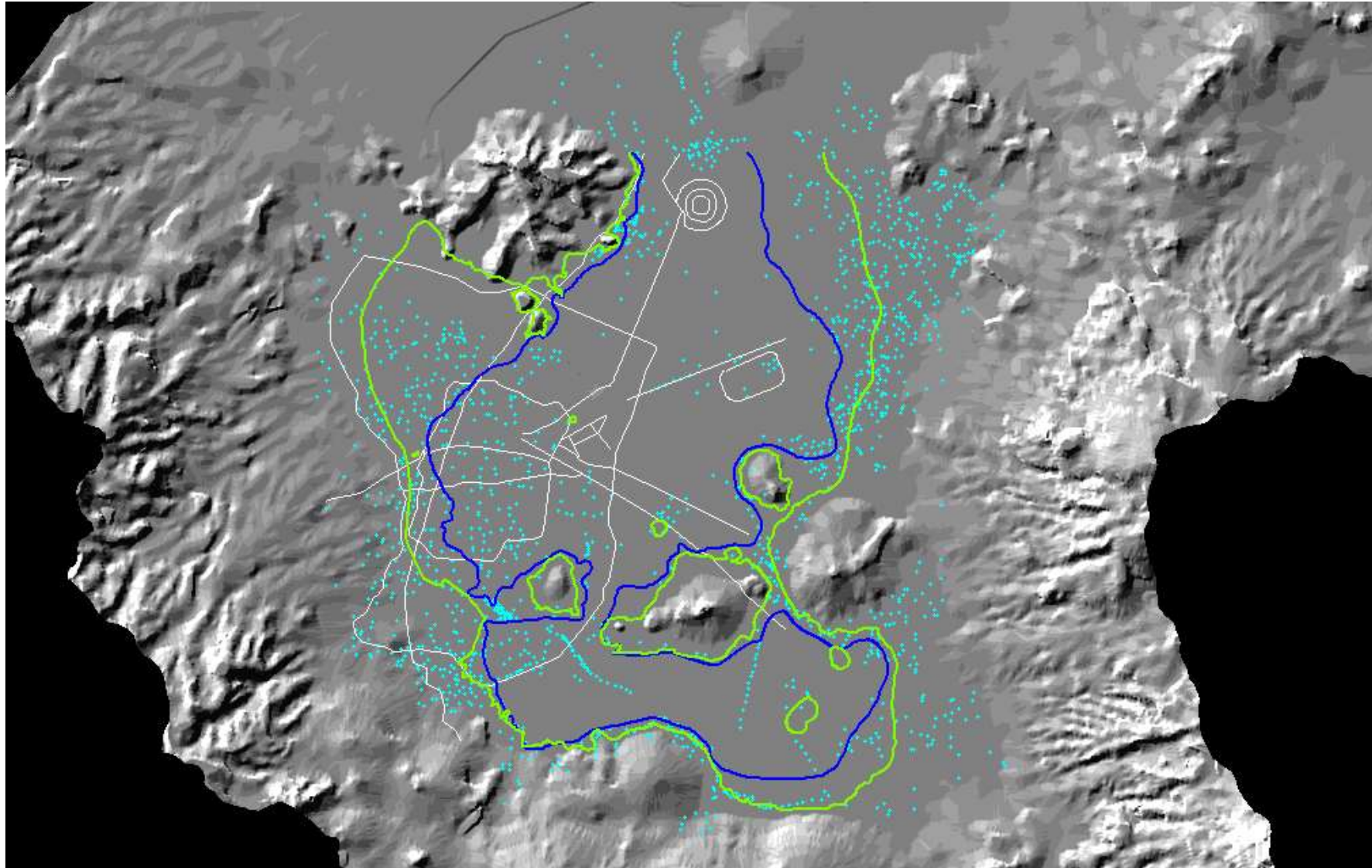


A comienzo del siglo XIX

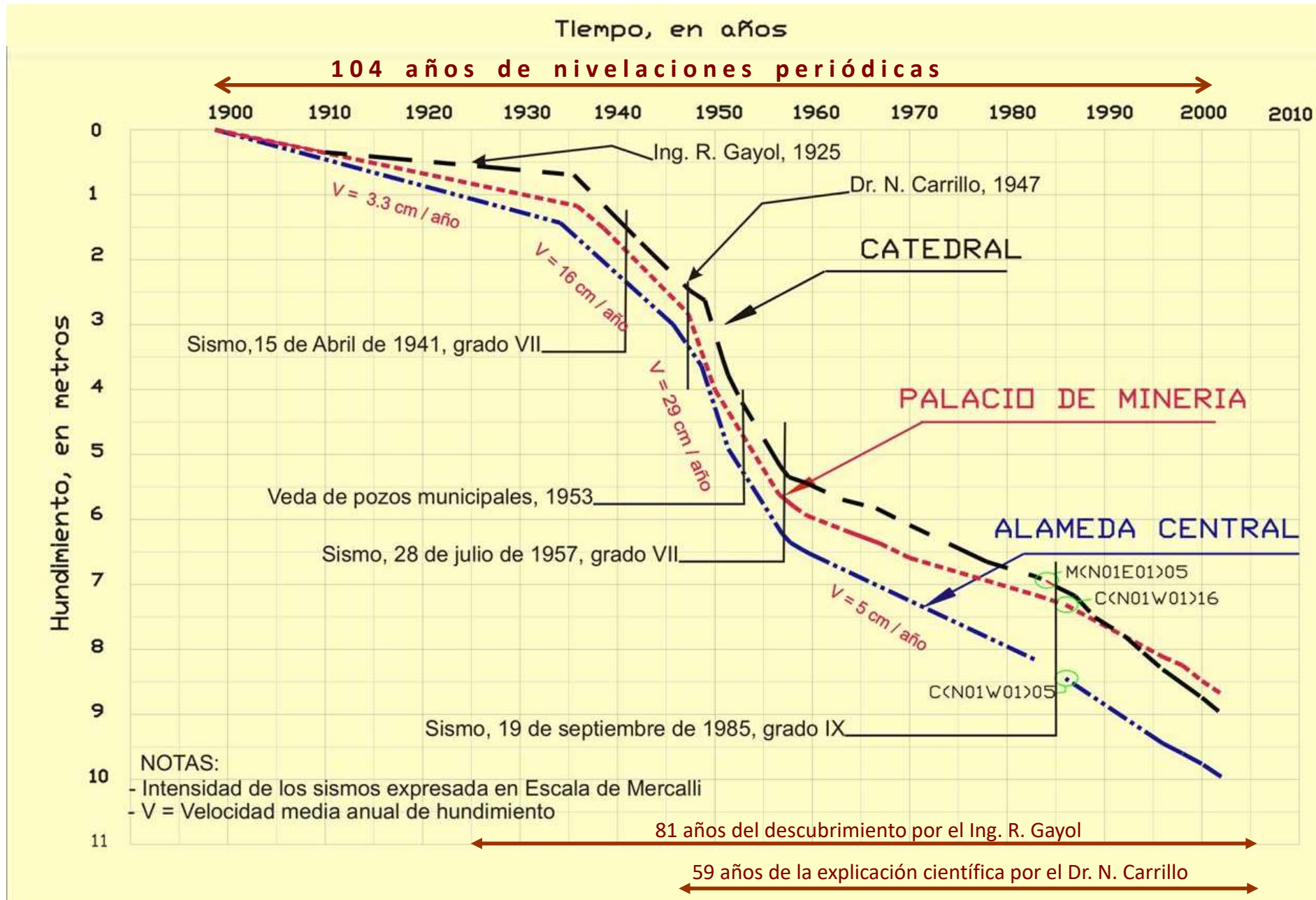


En el año 1889

Distribución de pozos de extracción de agua, DGCOH



Evolución puntual del hundimiento medio para el periodo 1898 – 2002



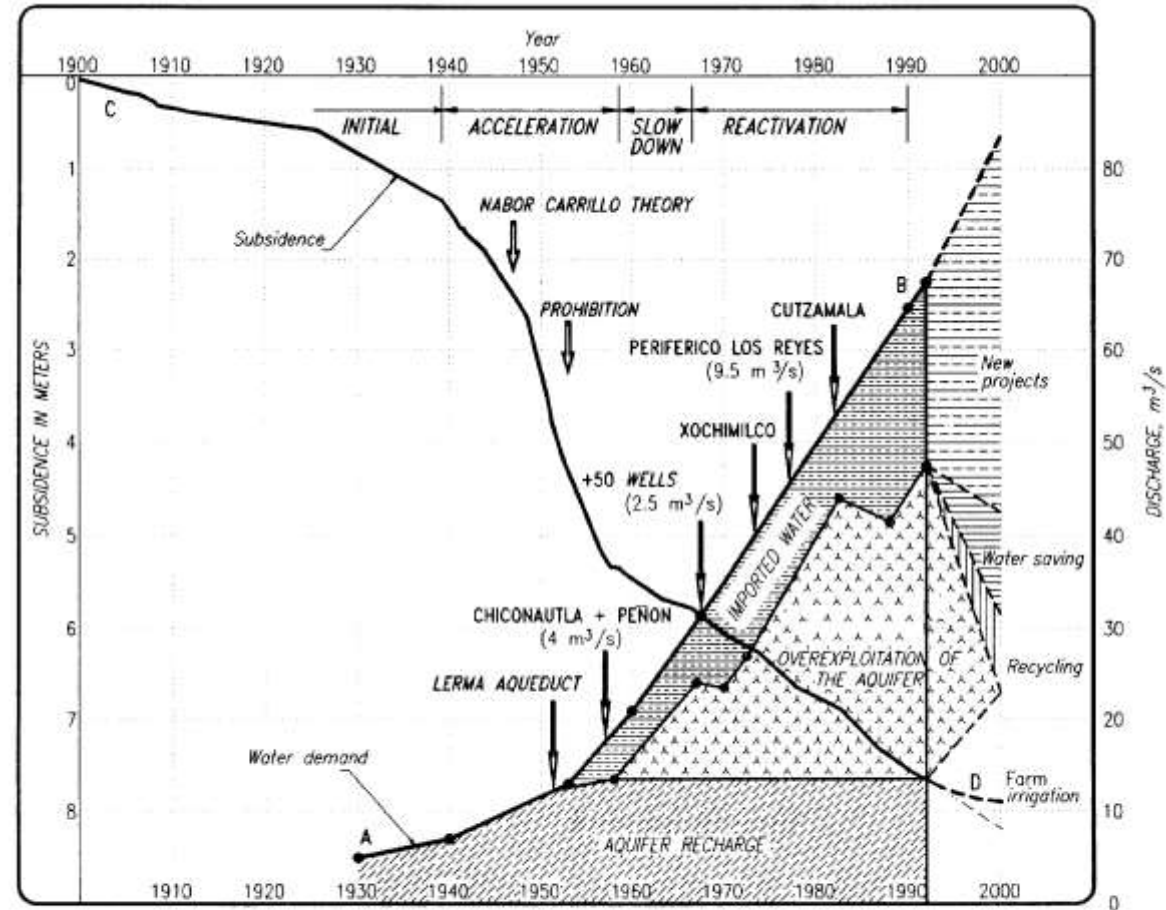
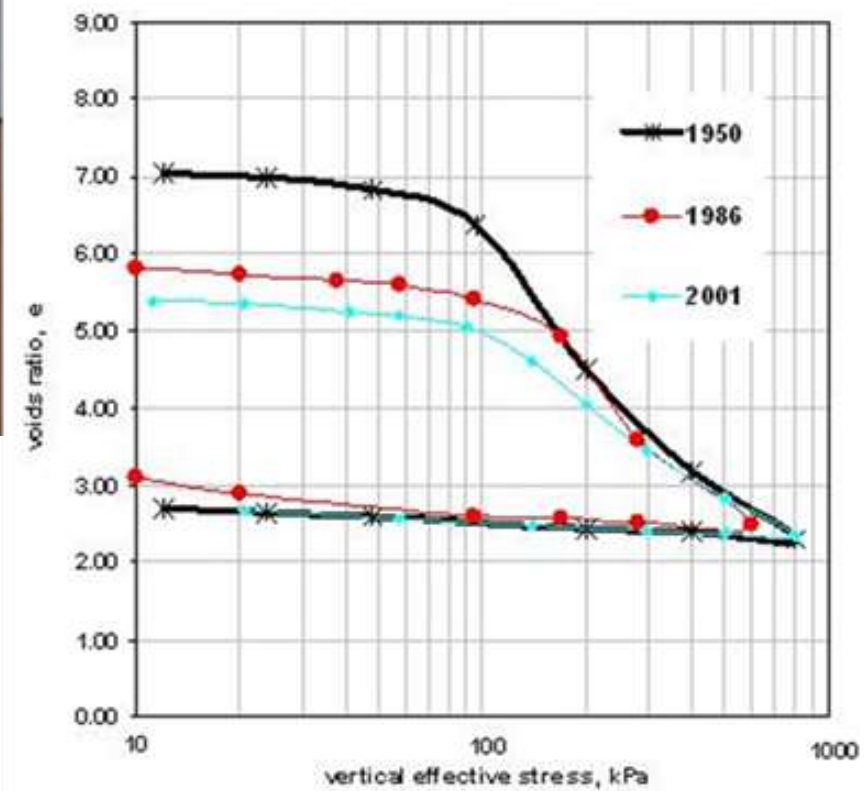
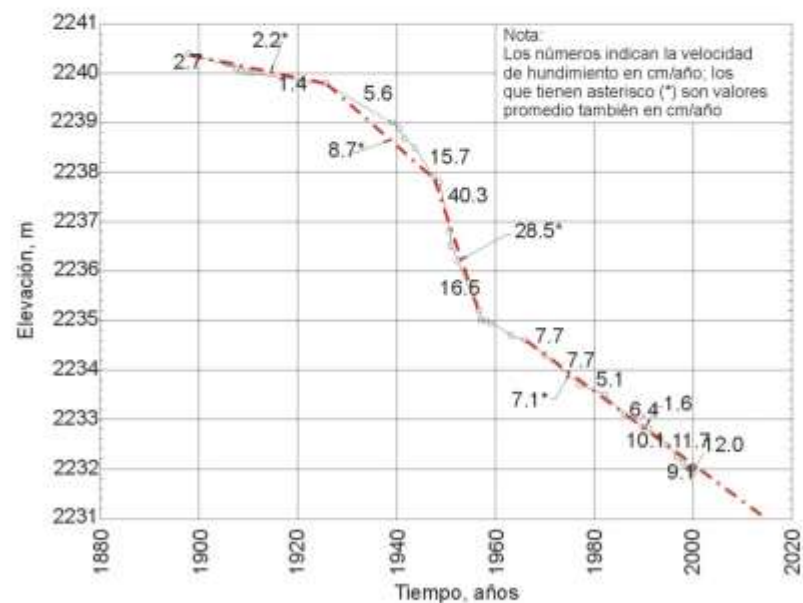
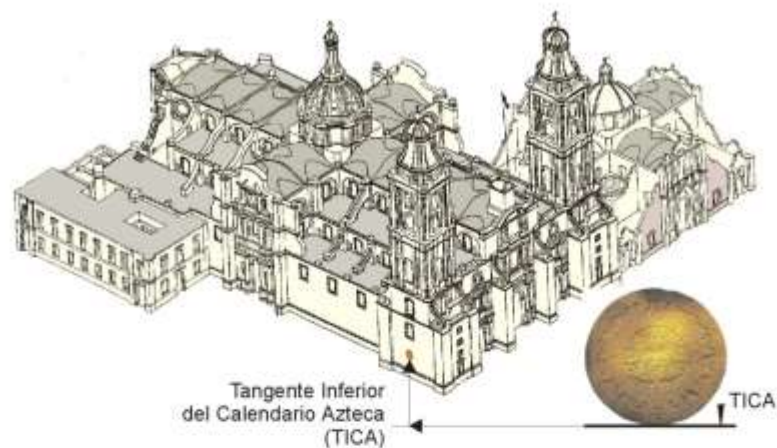
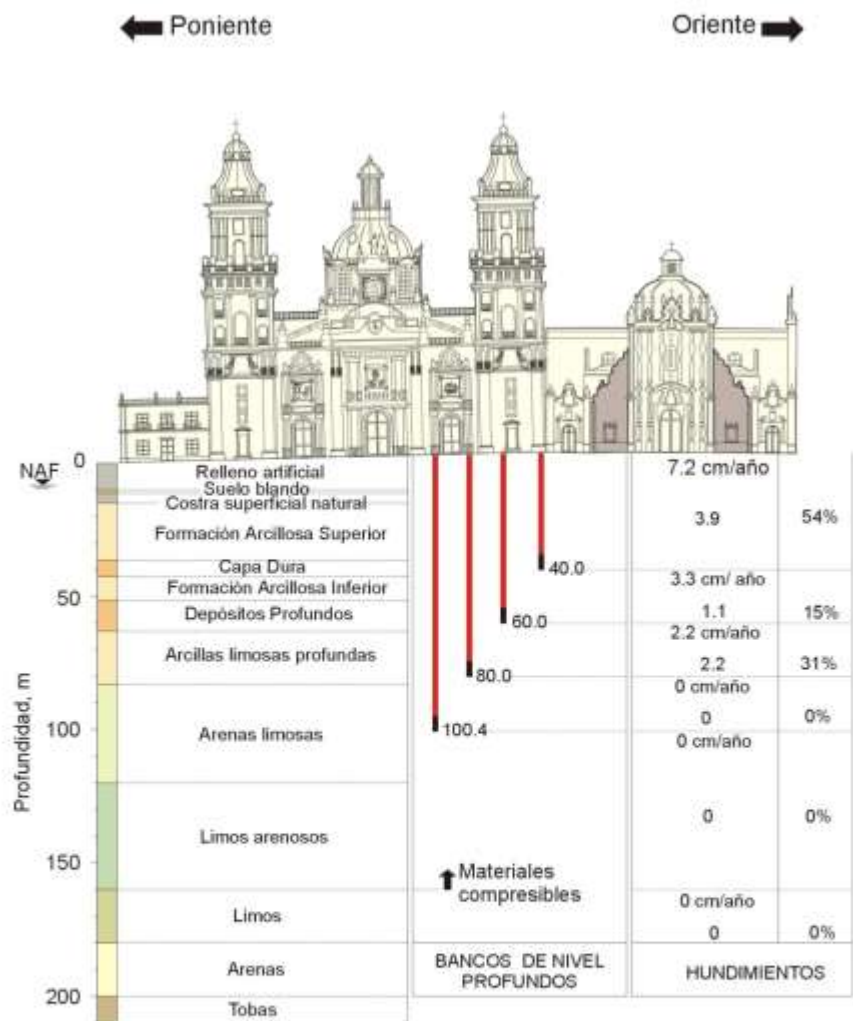


Fig 30 Relationship between Mexico City Historic Center subsidence and water pumping from deep aquifer in the Valley of Mexico





a) Asentamiento regional de la referencia TICA de la Catedral



b) Distribución de hundimientos entre marzo 23 de 1991 y mayo 4 de 1992

Fig. 10 Hundimiento Regional

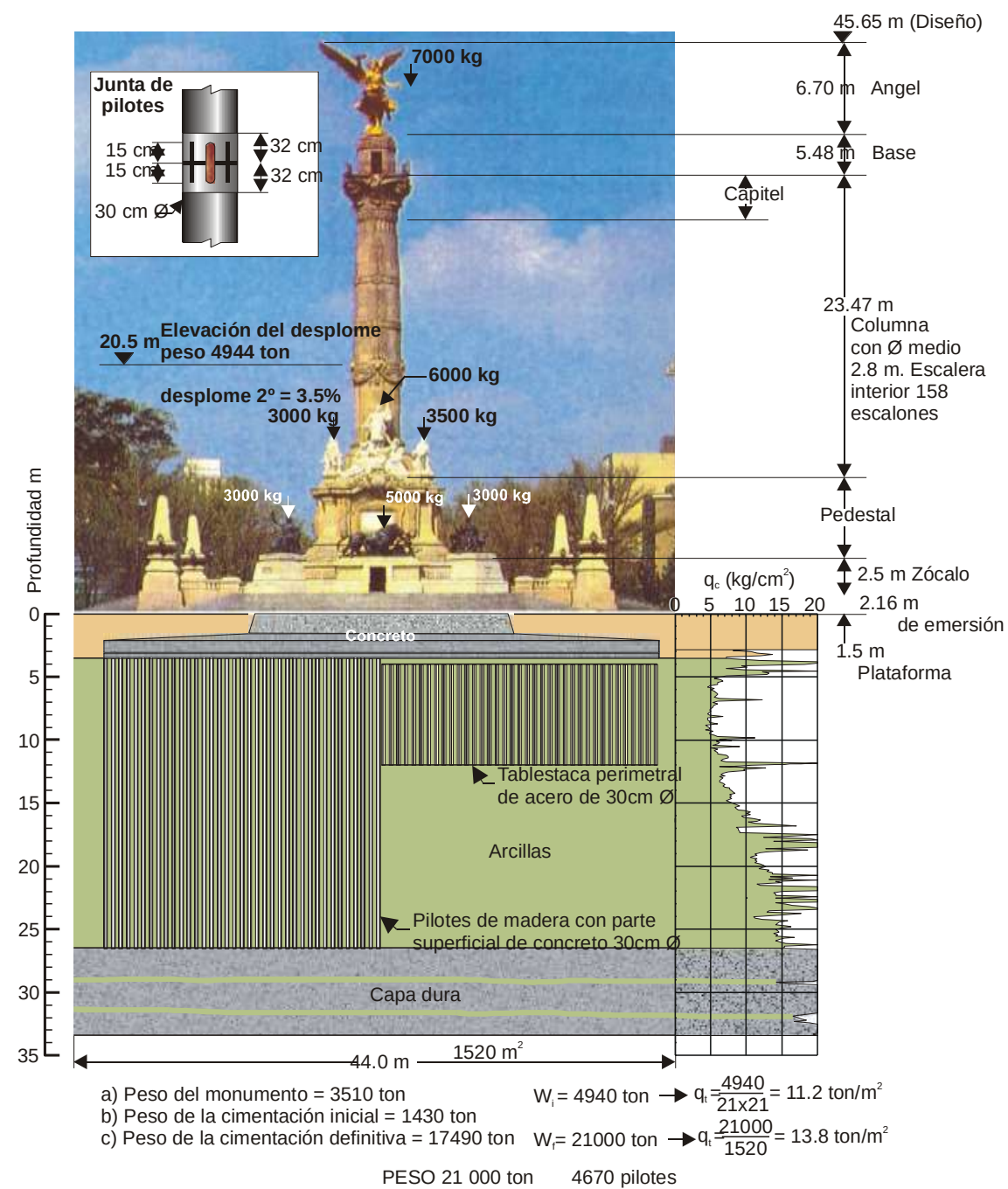


Fig. 12 Columna de la Independencia

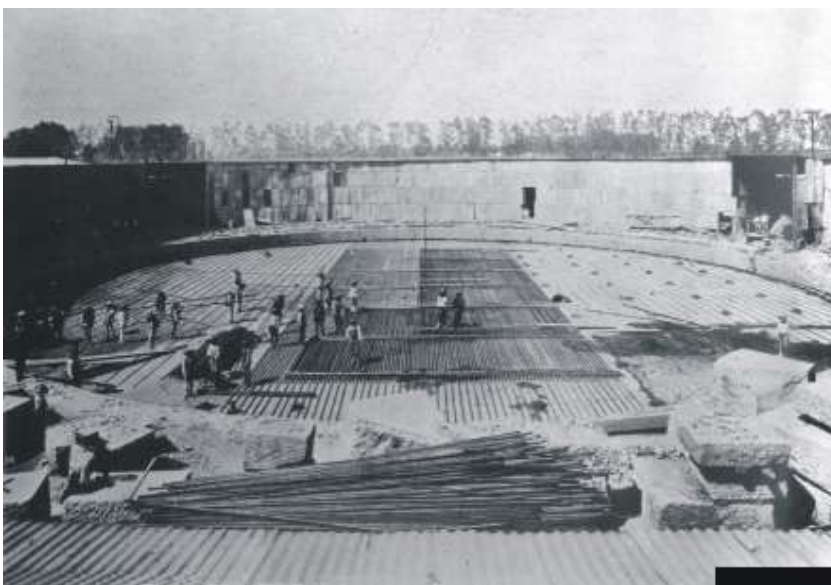
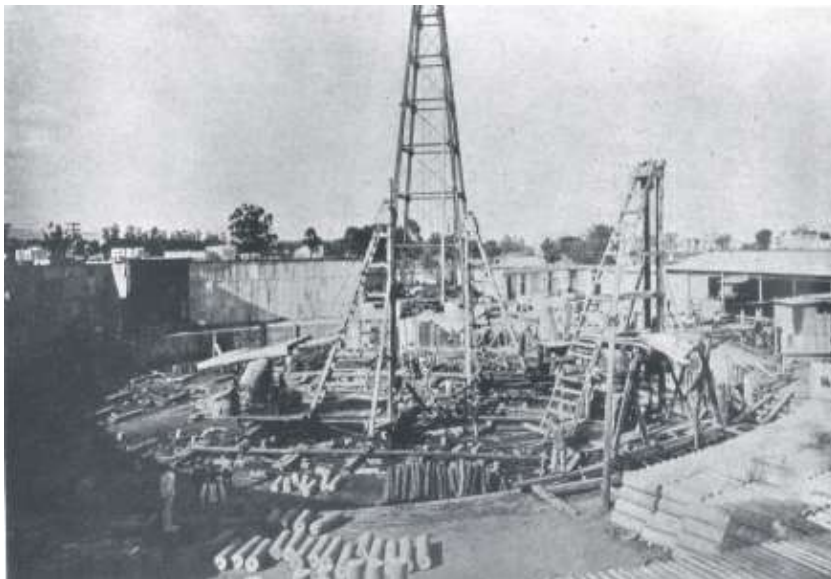
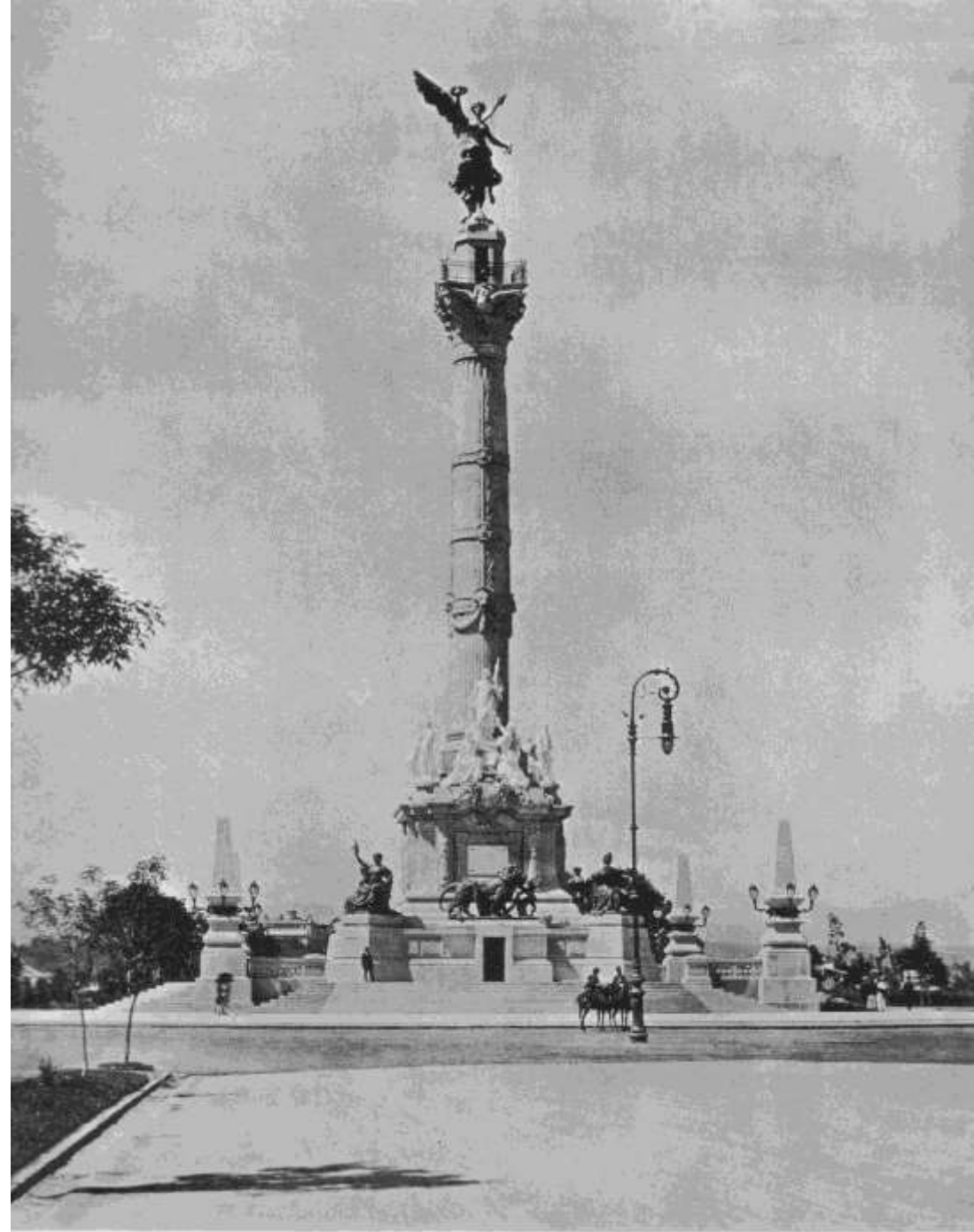
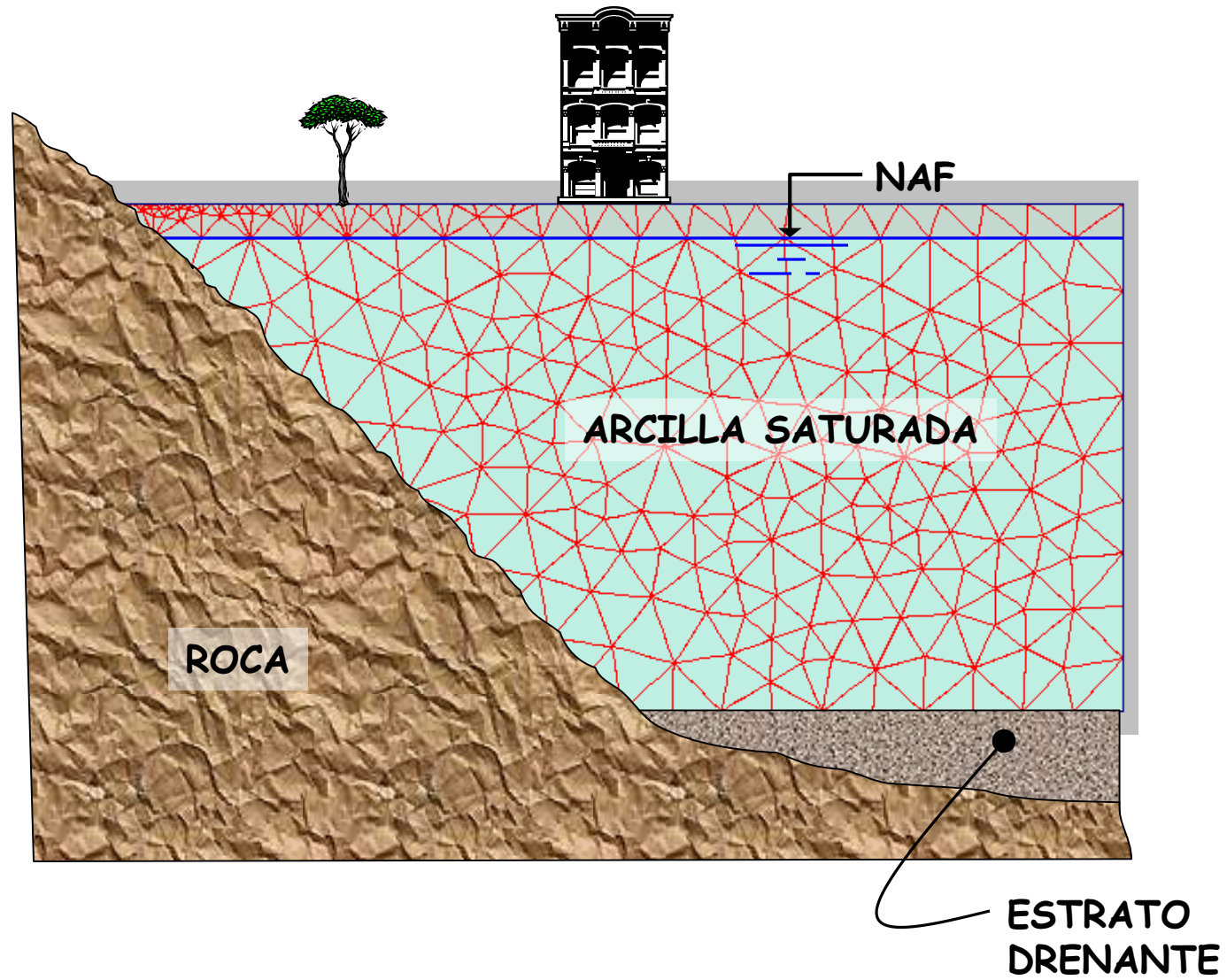


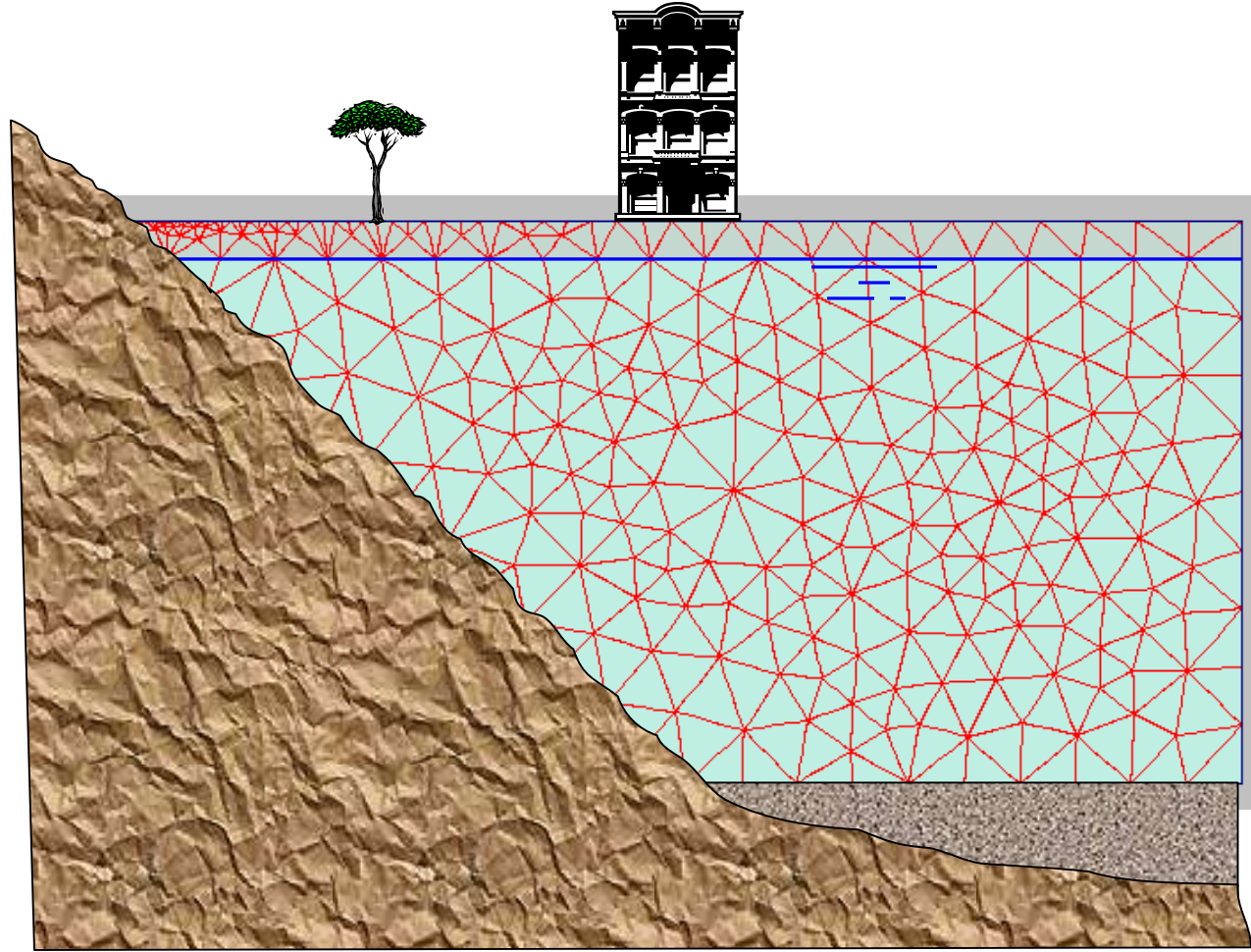
Fig. 13 Hincado de pilotes y construcción de la losa

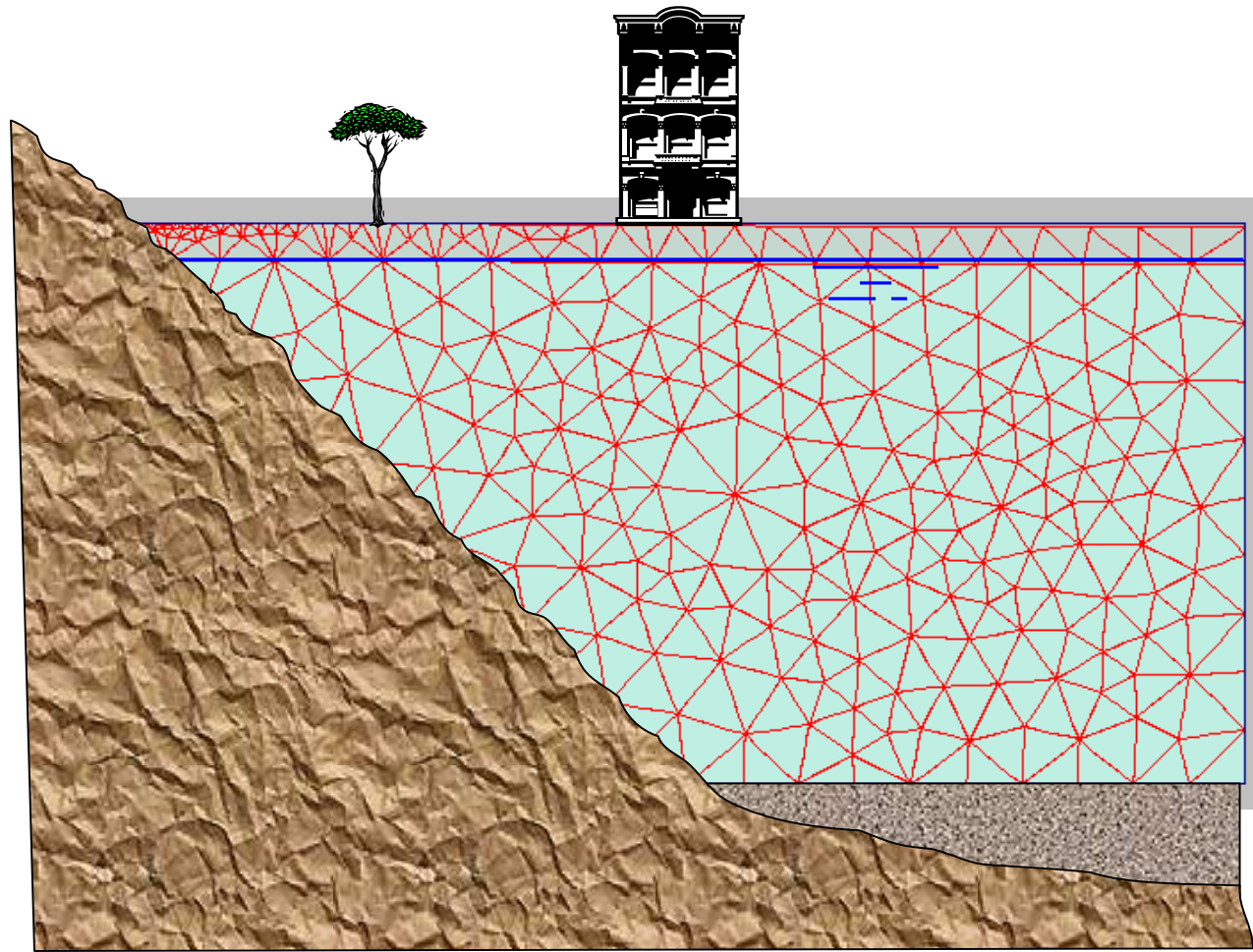


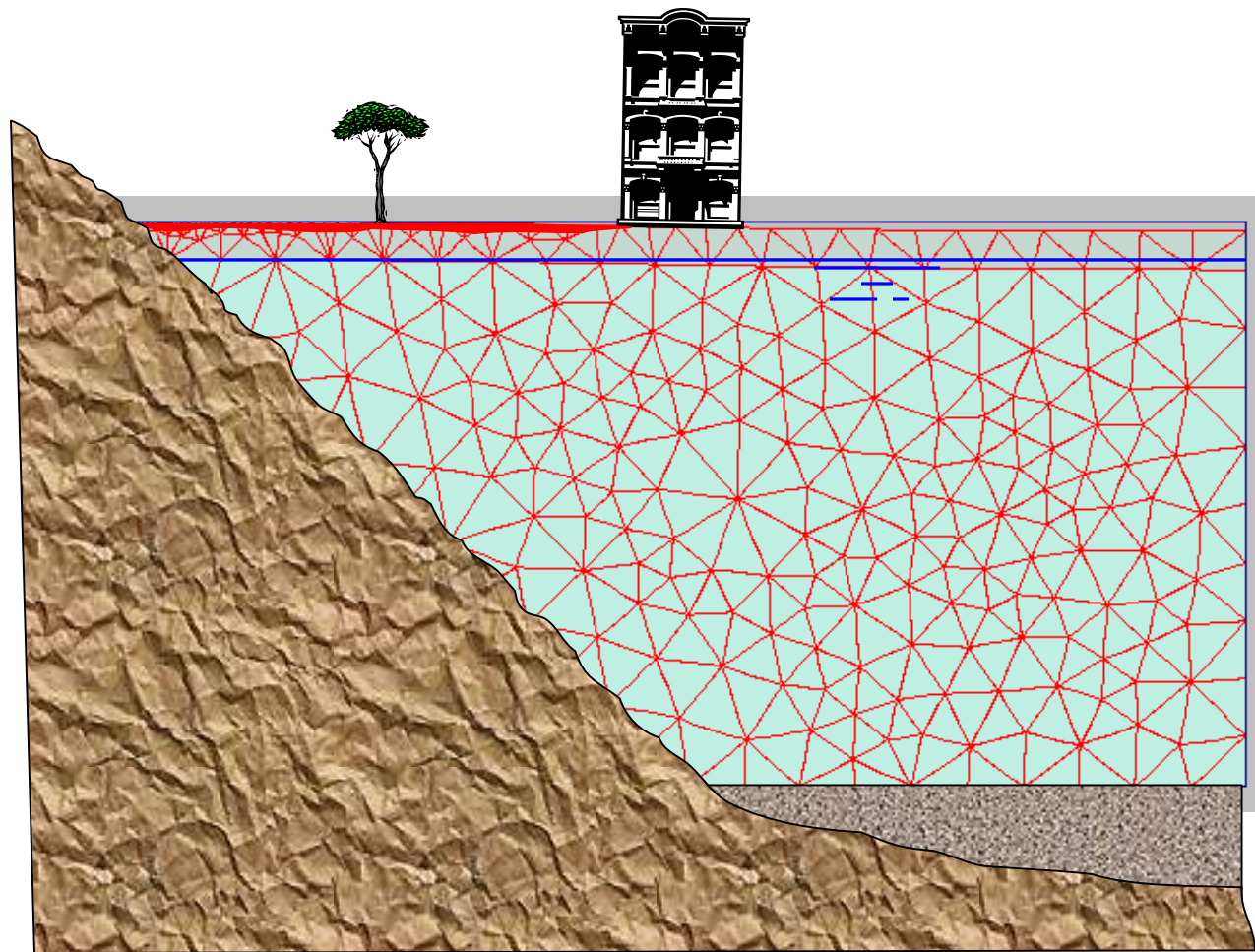


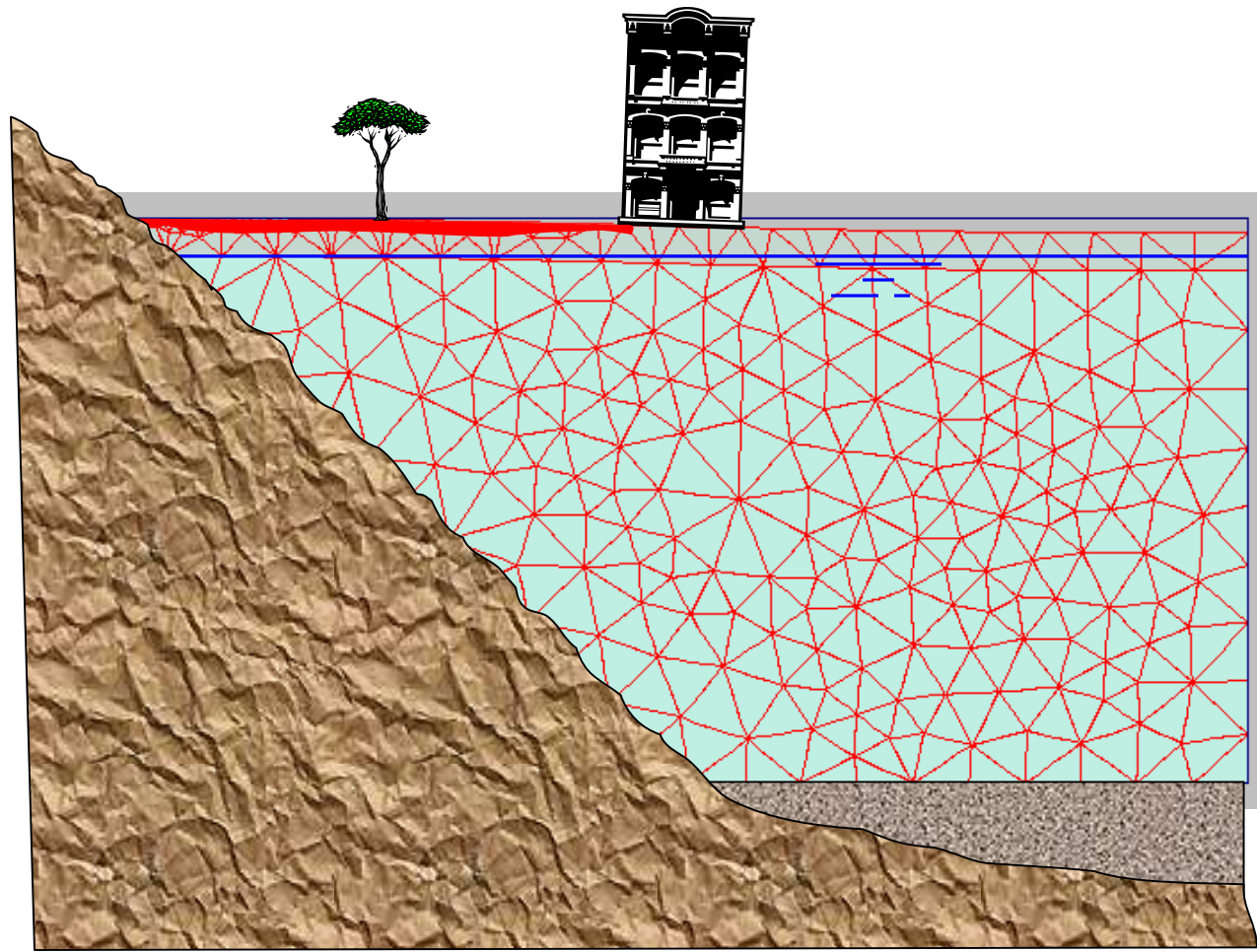


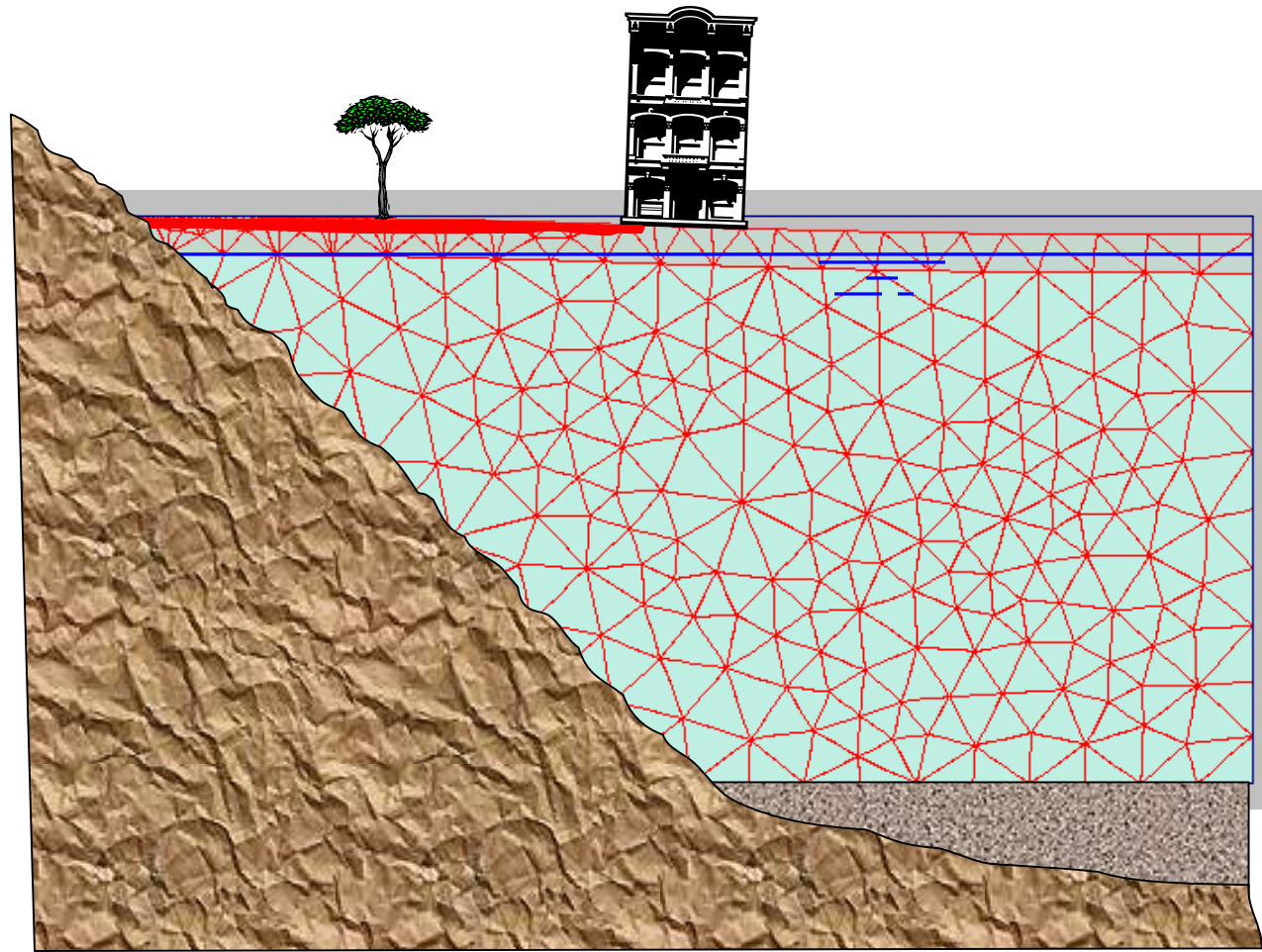


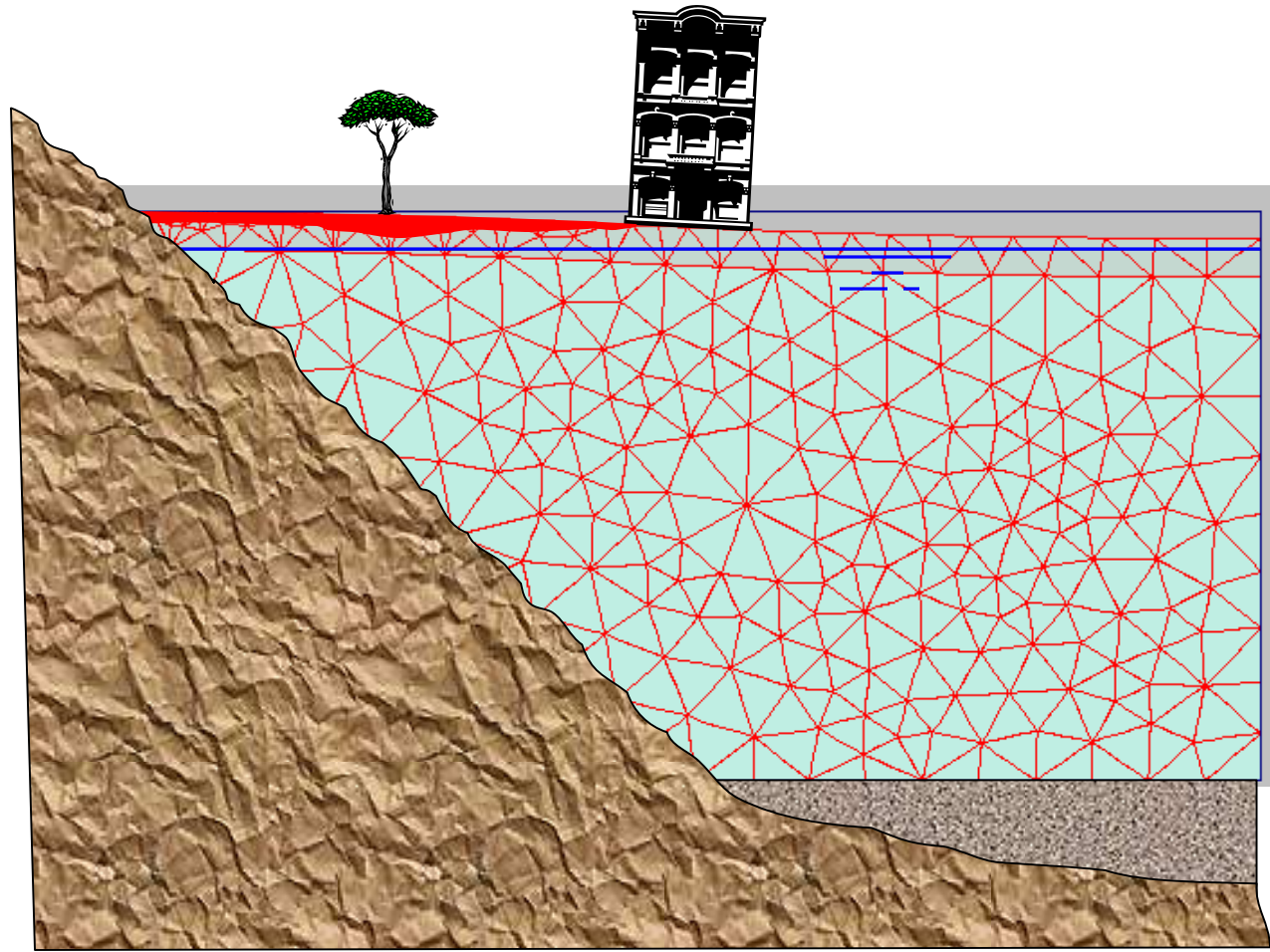


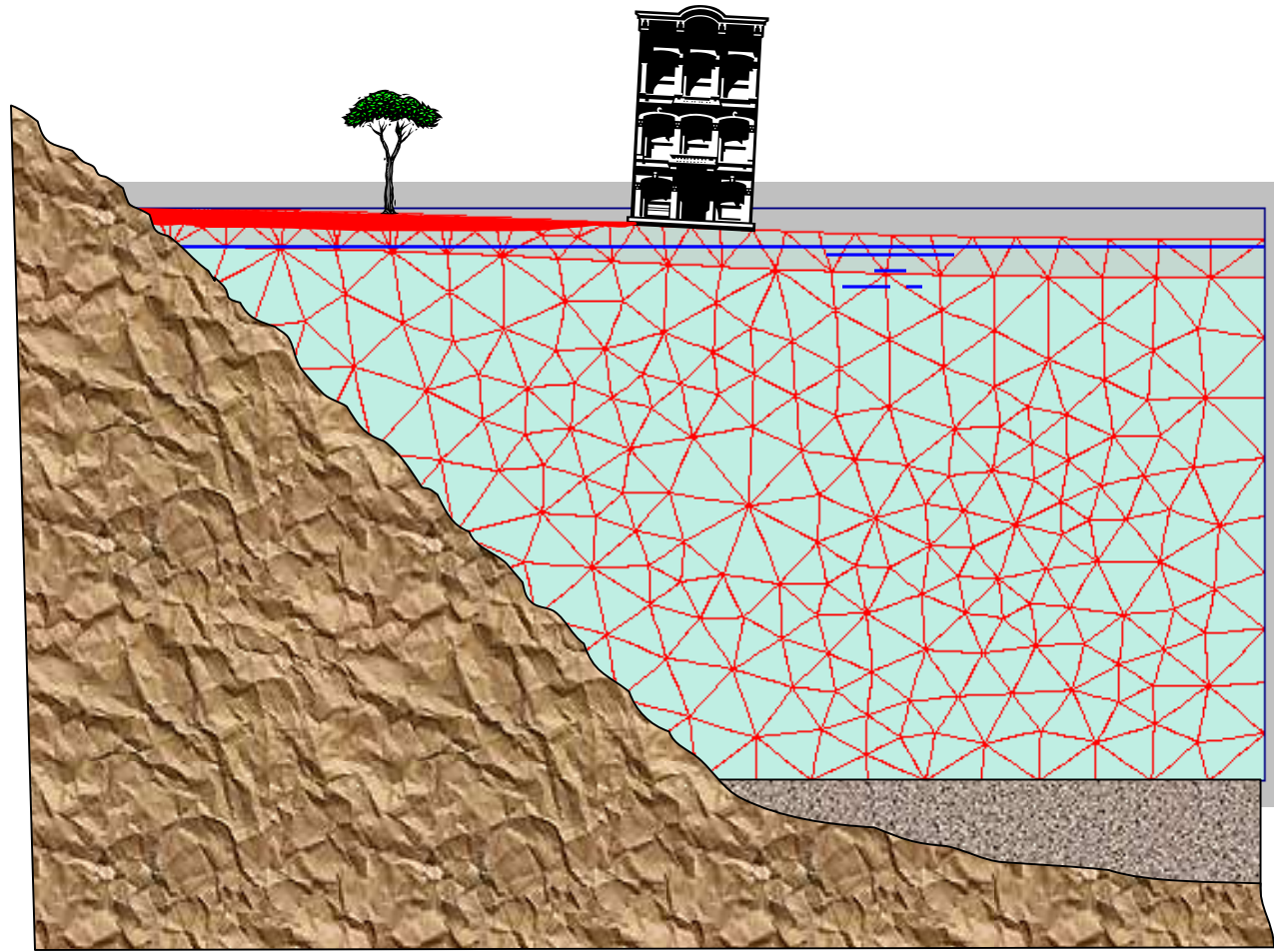


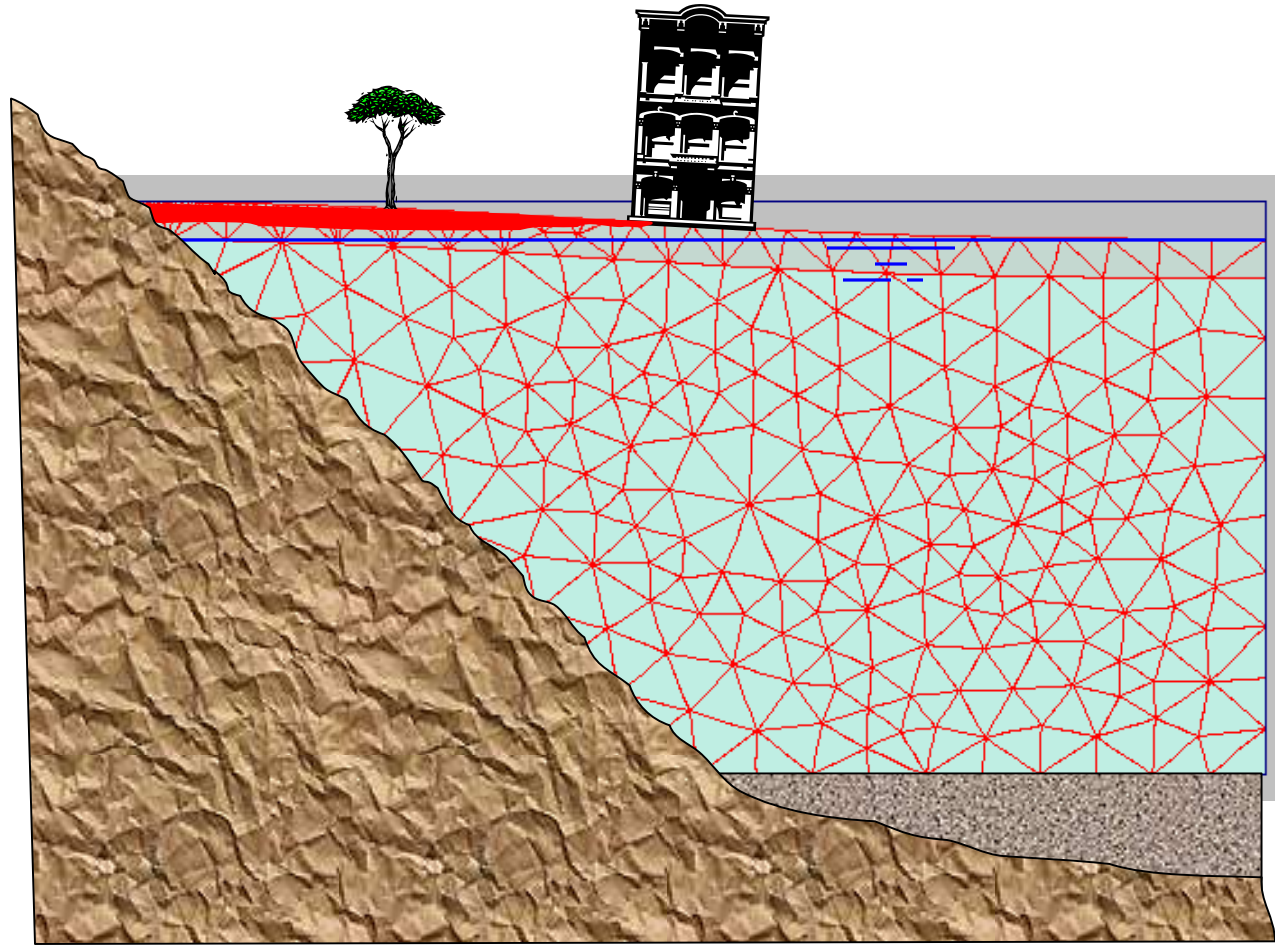


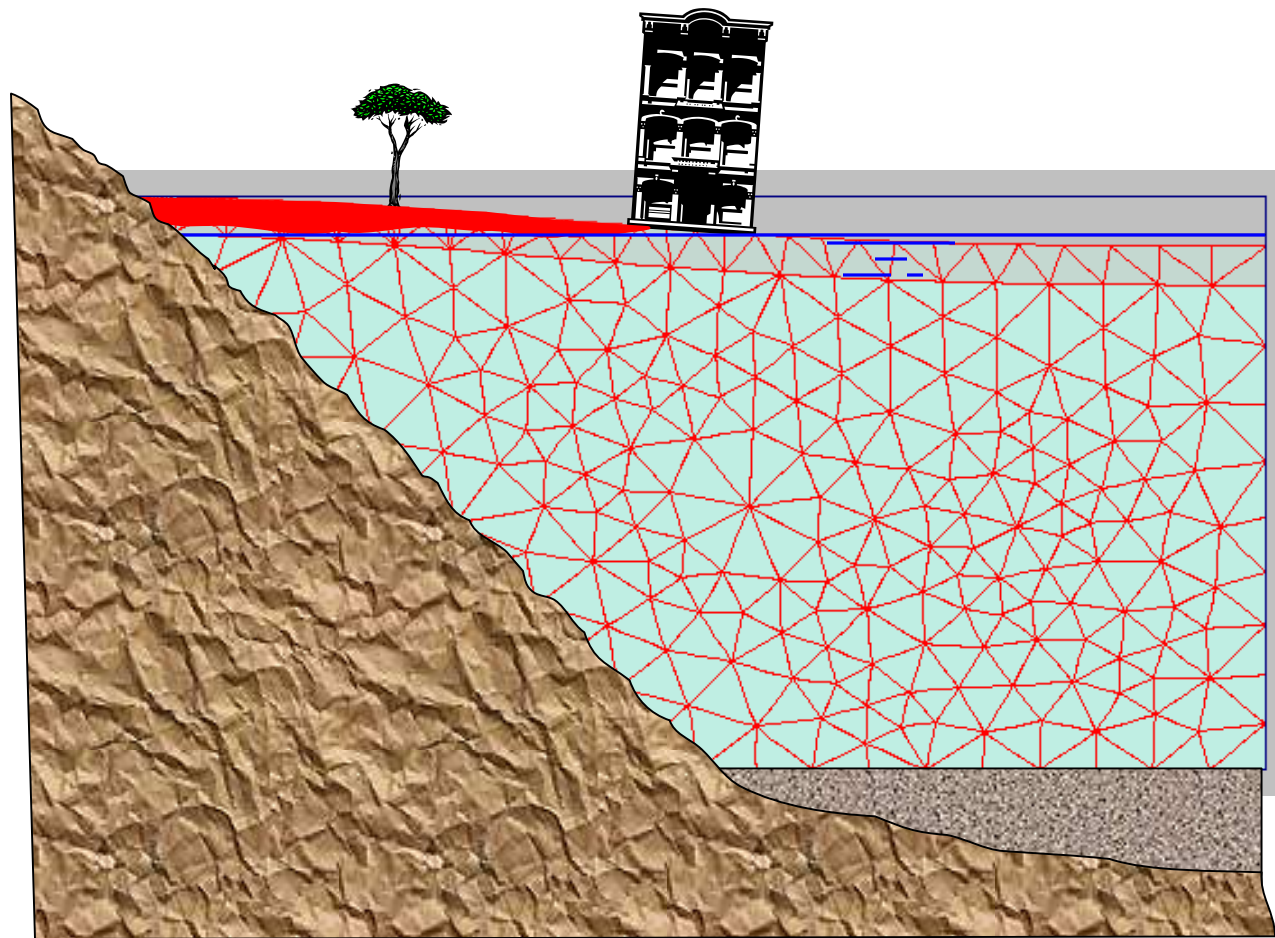


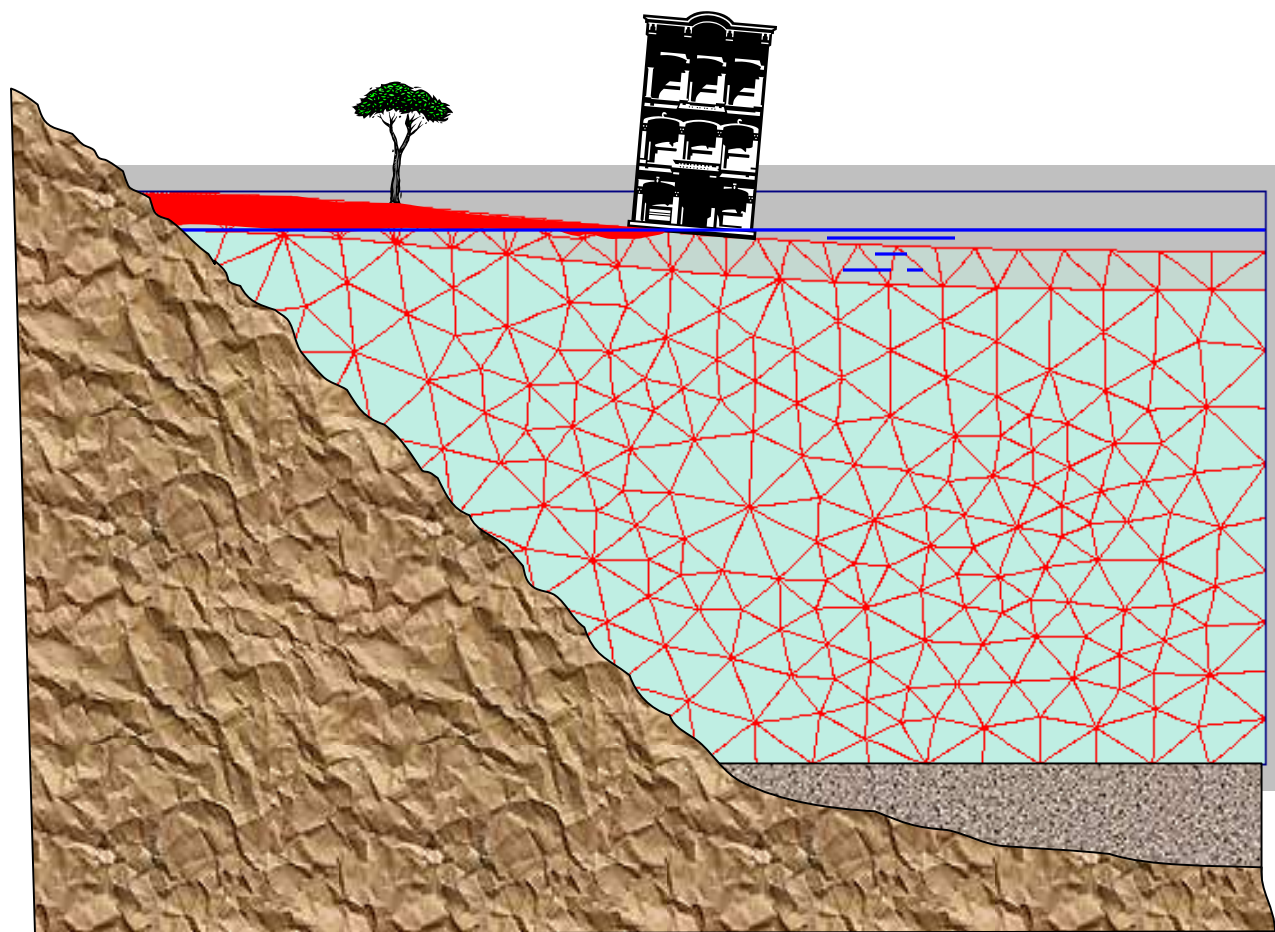


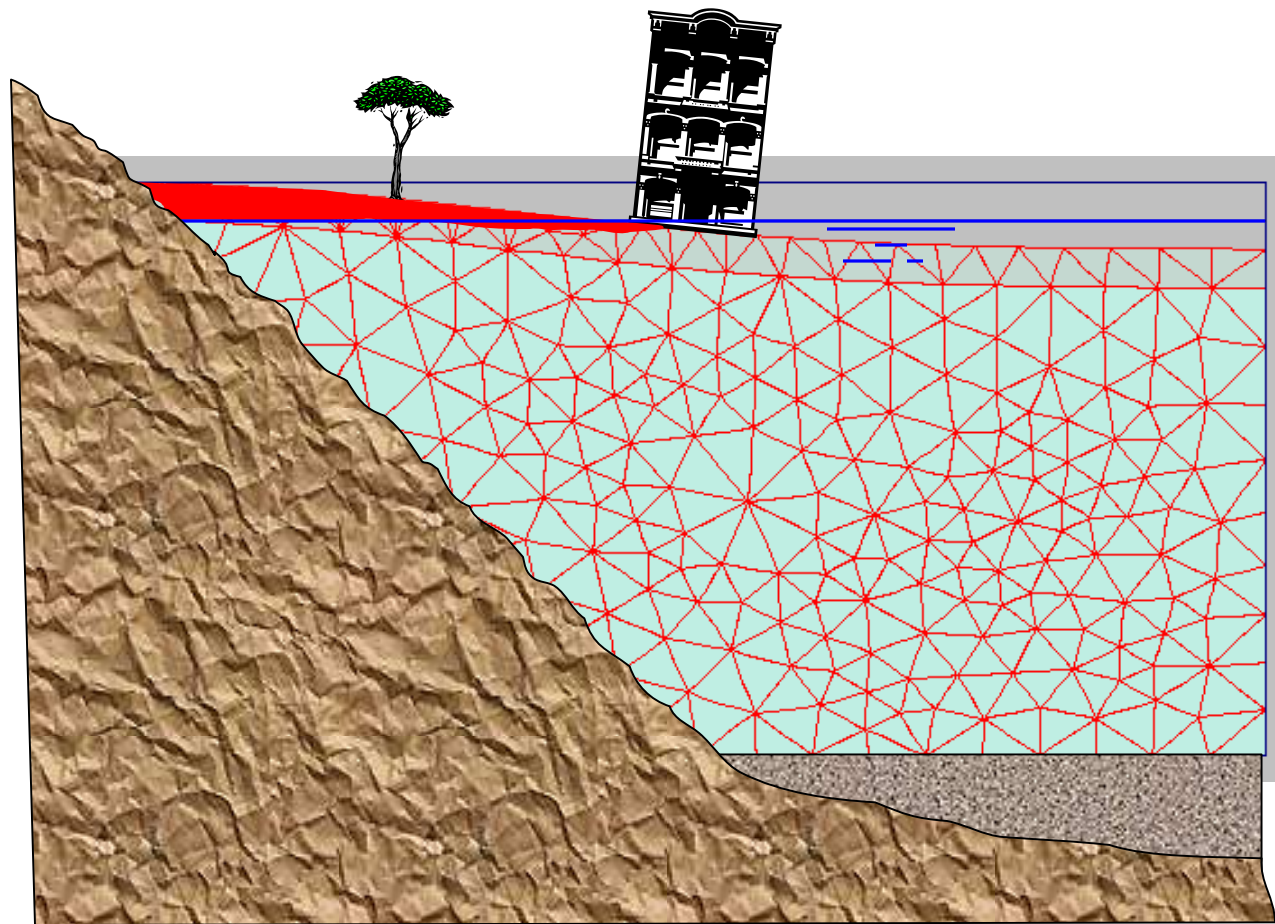














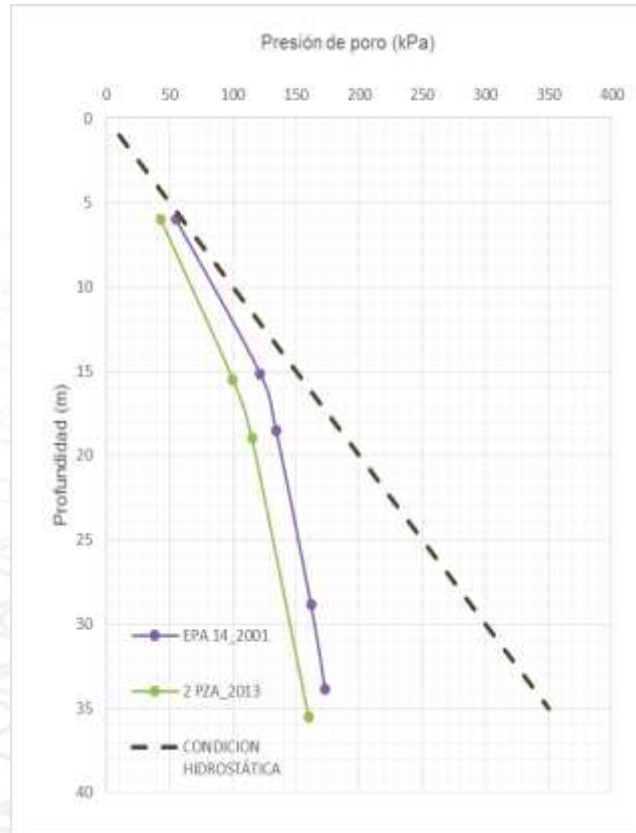
Predicción del hundimiento regional

(Ovando y Ossa, 2004)

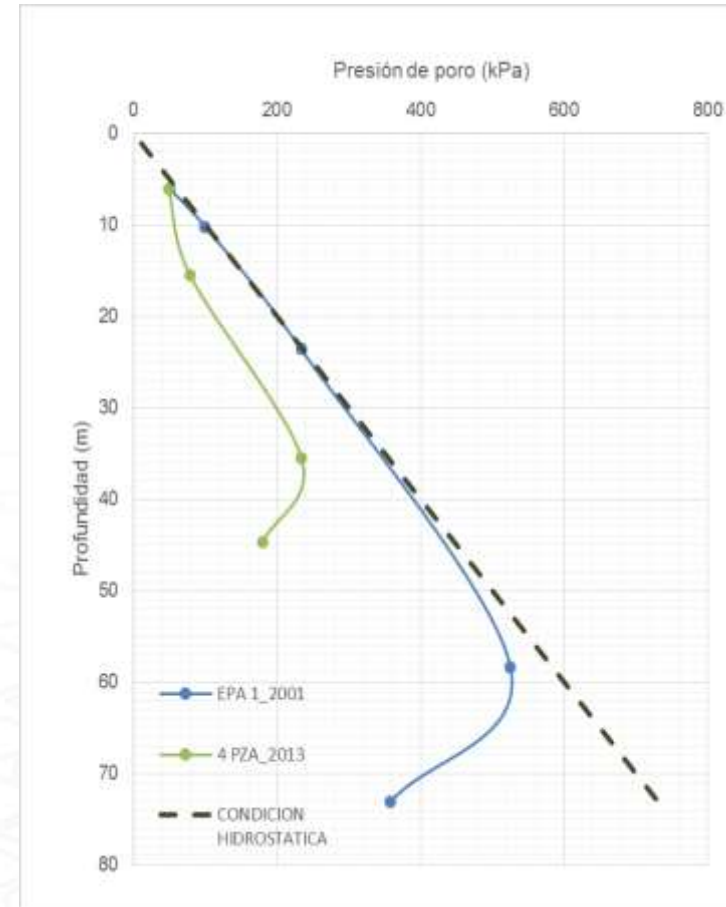
$$c_{ve} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{1}{m_{ve}} g(u, \varepsilon_z) \quad (5.g.1)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} = -m_{ve} \frac{\partial u}{\partial t} + g(u, \varepsilon_z) \quad (5.g.2)$$

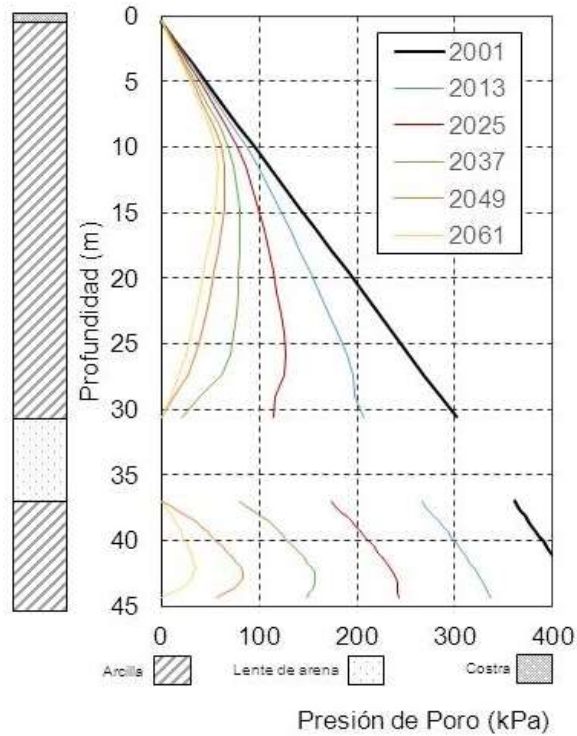
$$g(u, \varepsilon_z) = \frac{\psi / v_o}{t_o} \exp \left[- \left(\varepsilon_z - \varepsilon_{zo}^{vp} \right) \frac{v_o}{\psi} \right] \left(\frac{\sigma'_z}{\sigma'_{zo}} \right)^{\frac{\lambda}{\psi}} \quad (5.g.3)$$



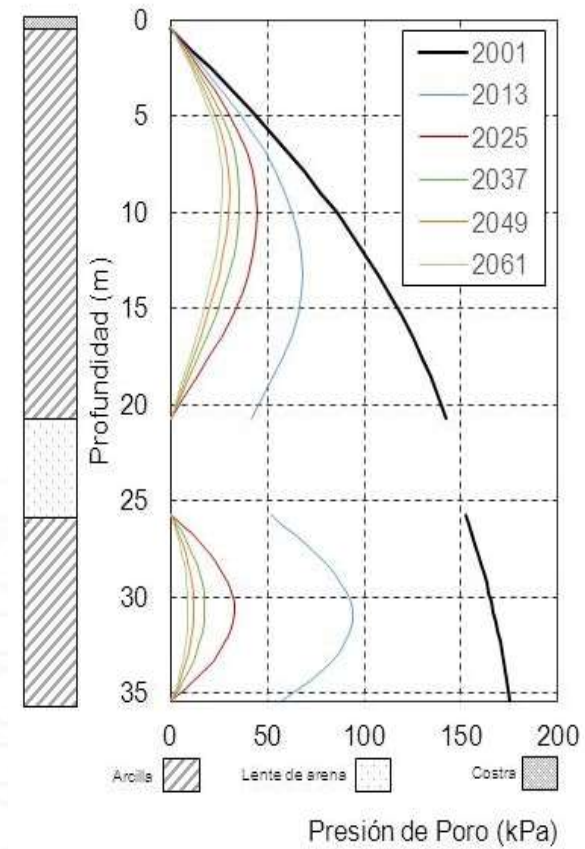
Condiciones piezométricas
zona norte



Condiciones piezométricas zona
sur.



Curvas isocronas en la Pista 3, sitio 11P



Curvas isocronas en la Pista 3, sitio 4In



ARTICLE IN PRESS

Soil Dynamics and Earthquake Engineering 27 (2007) 333–343

**SOIL DYNAMICS
AND
EARTHQUAKE
ENGINEERING**

www.elsevier.com/locate/soildyn

The sinking of Mexico City: Its effects on soil properties and seismic response

Efraín Ovando-Shelley^{*}, Alexandra Ossa, Miguel P. Romo

Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, DF, Mexico City, Mexico

Received 16 June 2006; received in revised form 23 August 2006; accepted 29 August 2006

Effects on Dynamic Properties

$$G_{\max} = \rho V_s^2 = 122 p_a \left(\frac{1}{PI - I_r} \right)^{(PI - I_r)} \left(\frac{p'_0}{p_a} \right)^{0.82}$$

$$V_s \approx 11 \sqrt{\frac{p_a}{\rho}} \left(\frac{1}{PI - I_r} \right)^{\left(\frac{PI - I_r}{2} \right)} \left(\frac{p'_0 + \Delta u(t)}{p_a} \right)^{0.41}$$

$$G = G_{\max} [1 - H(\gamma)] = G_{\max} \left[1 - \frac{(\gamma/\gamma_r)^{2B}}{1 + (\gamma/\gamma_r)^{2B}} \right]^A$$

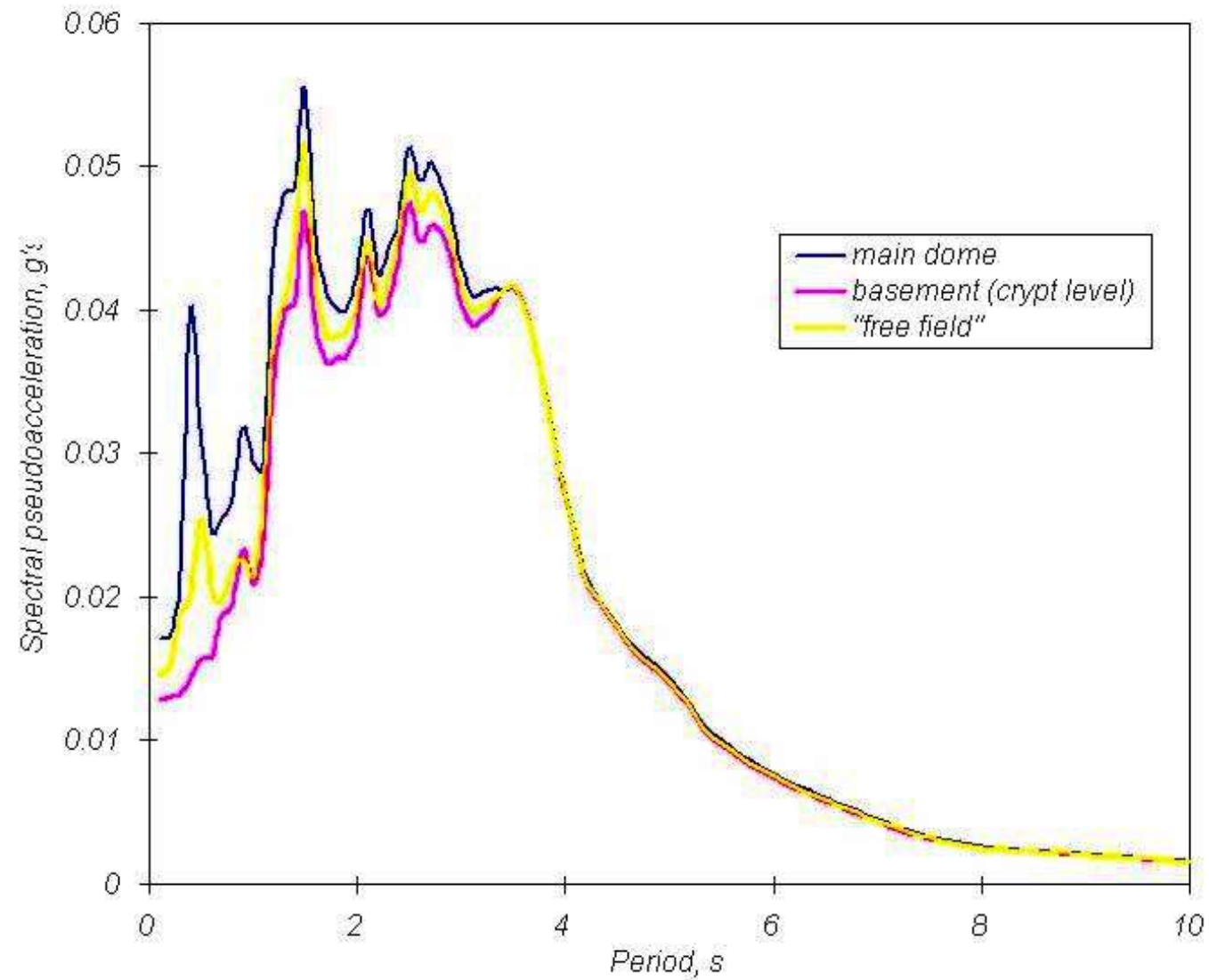
Effects on Dynamic Properties

$$V_s \approx 11 \sqrt{\frac{p_a}{\rho}} \left(\frac{1}{PI - I_r} \right)^{\left(\frac{PI - I_r}{2} \right)} \left(\frac{p'_0 + \Delta u(t)}{p_a} \right)^{0.41}$$

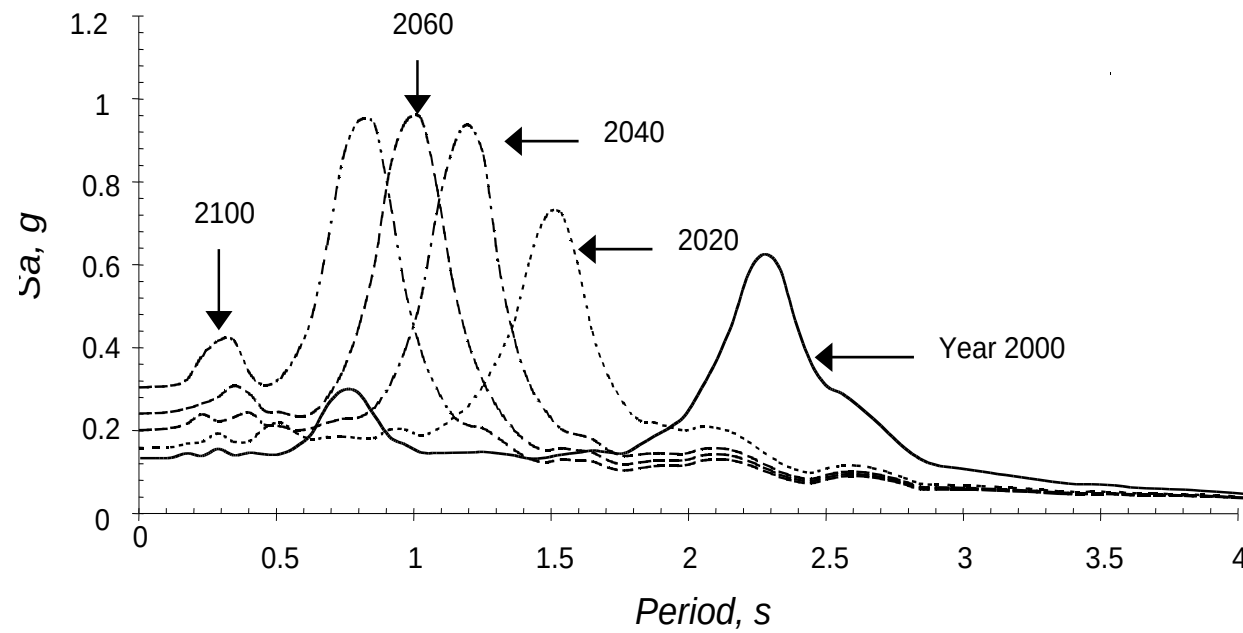
$$\lambda = (\lambda_{max} - \lambda_{min})H(\gamma) + \lambda_{min}$$

$$T_0(t) = \frac{4[h - \delta(t)]}{\sqrt{G_{avg}/\rho_{avg}}} = \frac{4[h - \delta(t)]}{V_{avg}}$$

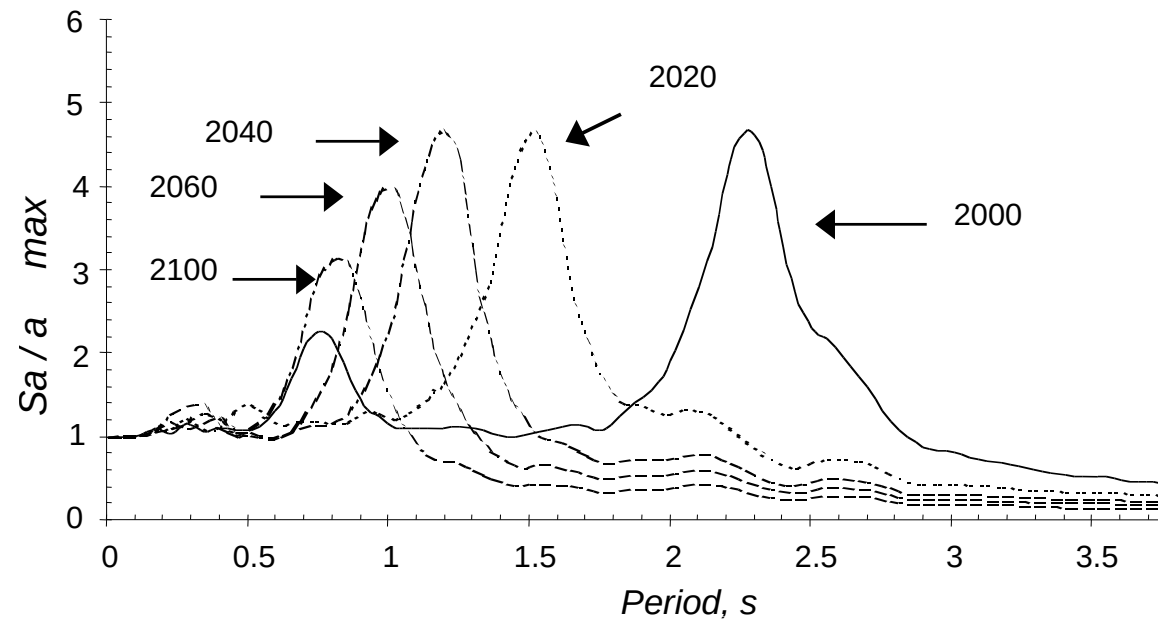
$$V_{savg}(t) = \frac{4[h - \delta(t)]}{\frac{\sum V_{si} h_i(t)}{\sum h_i(t)}}$$



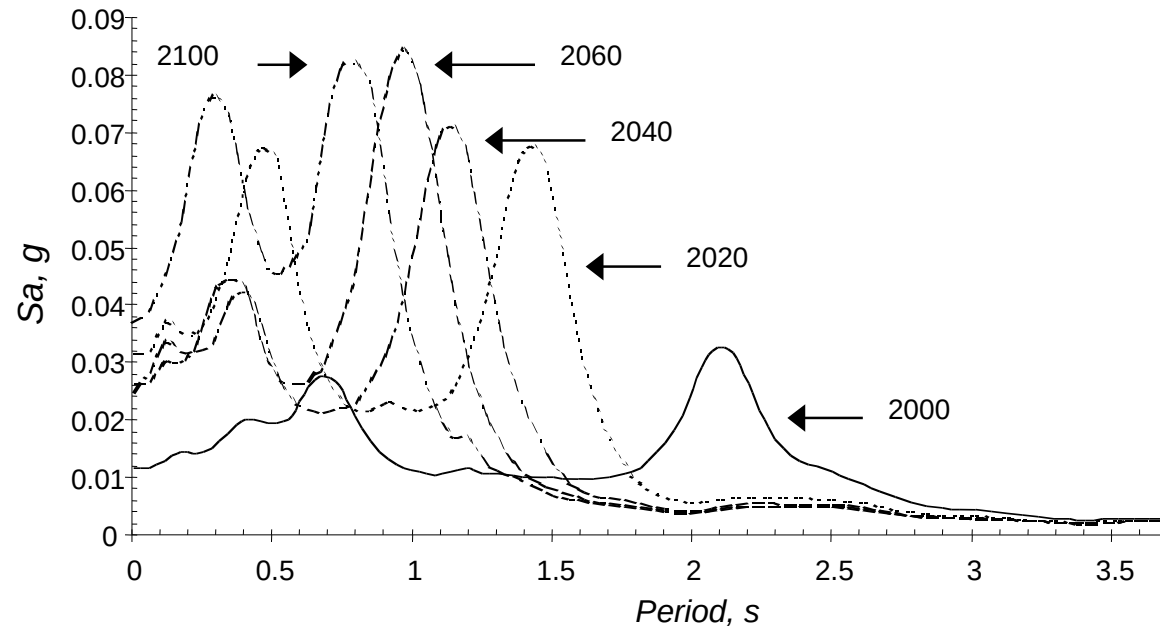
Elastic response spectra from strong motions recorded at the Metropolitan Cathedral on 11 January 1977..



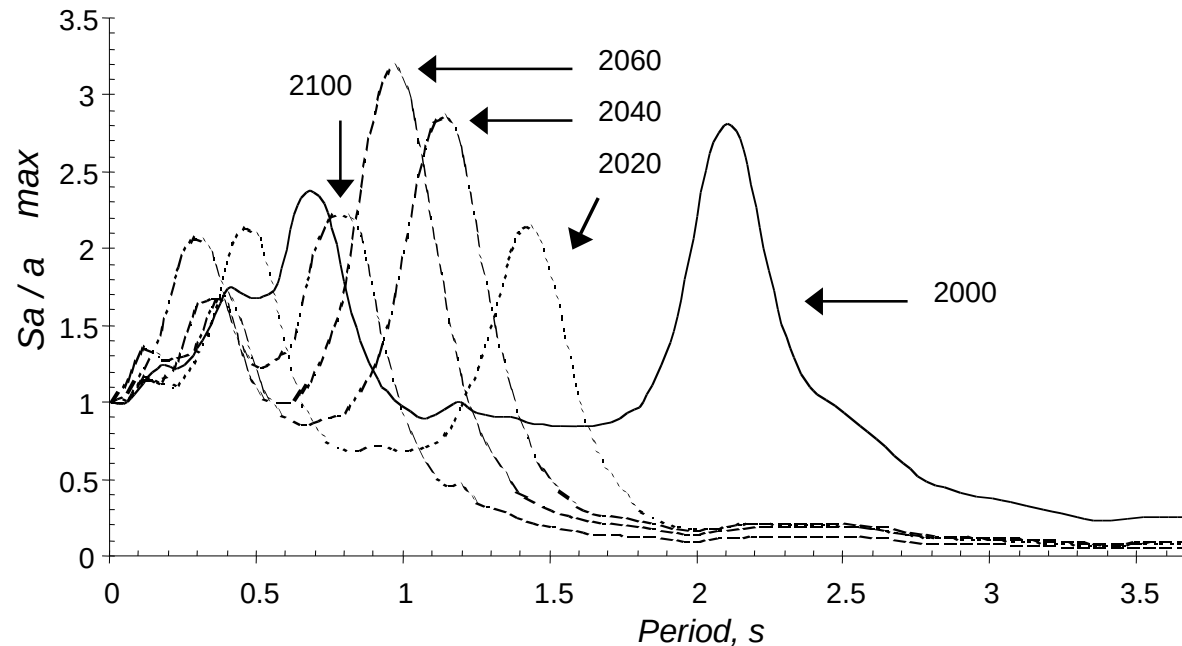
Response spectra at the Cathedral site using time-varying shear *moduli*. Input motion obtained from records logged at a basalt outcrop during the Great Michoacán Earthquake of 1985.



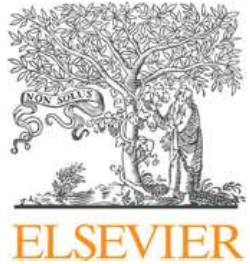
Spectral amplification



Response spectra at the Cathedral site using time-varying shear *moduli*. Input motion obtained from records logged at a basalt outcrop during the 1999 Tehuacán event.



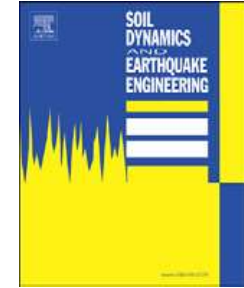
Spectral amplification



Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](#)

Soil Dynamics and Earthquake Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soildyn



Evaluation of the change in dominant periods in the lake-bed zone of Mexico City produced by ground subsidence through the use of site amplification factors

Danny Arroyo^{a,*}, Mario Ordaz^b, Efrain Ovando-Shelley^b, Juan C. Guasch^b, Javier Lermo^b, Citlali Perez^b, Leonardo Alcantara^b, Mario S. Ramírez-Centeno^a

^a Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Materiales, Av. San Pablo # 180, Colonia Reynosa Tamaulipas, 02200 Mexico City, Mexico

^b Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 Mexico City, Mexico

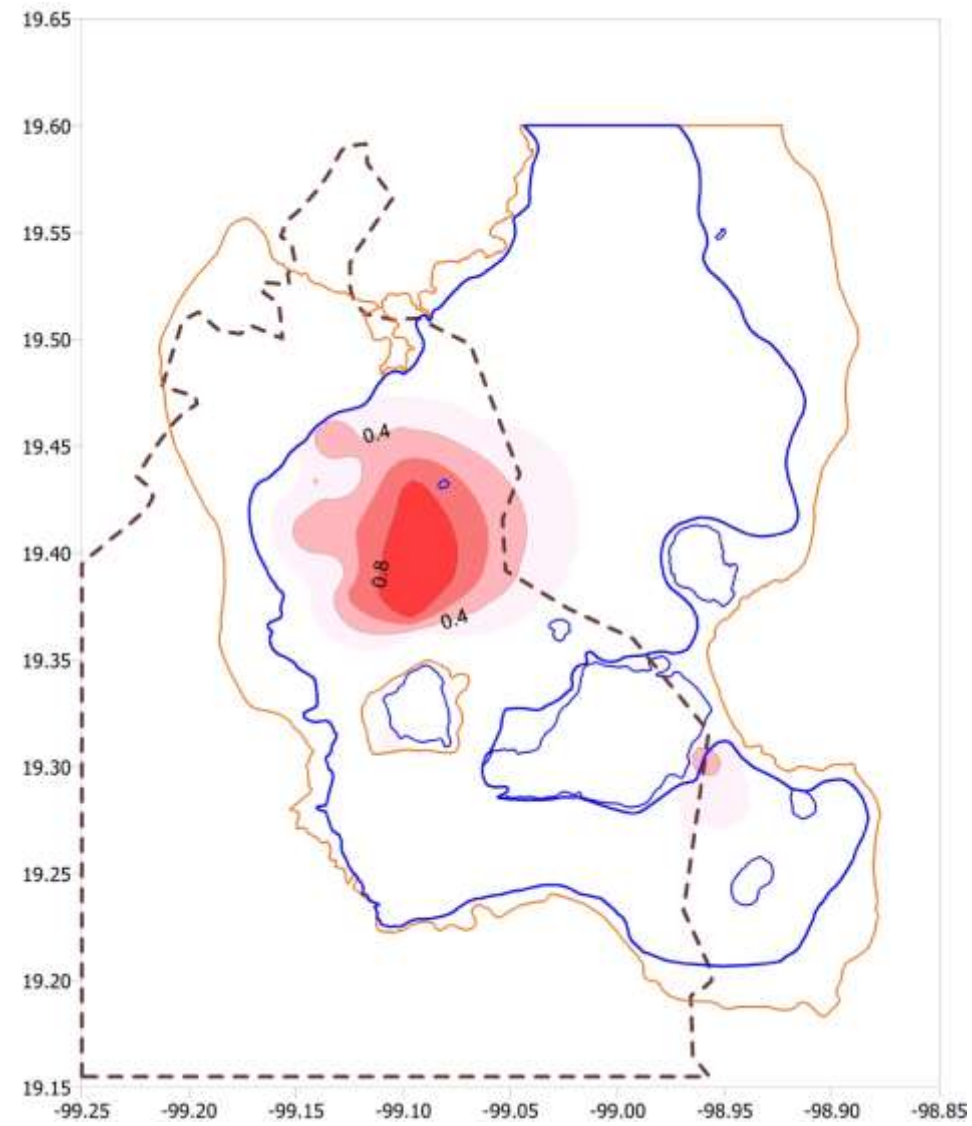


Figure 14 Map showing the predicted change in seconds of T_s from 1985 to 2010

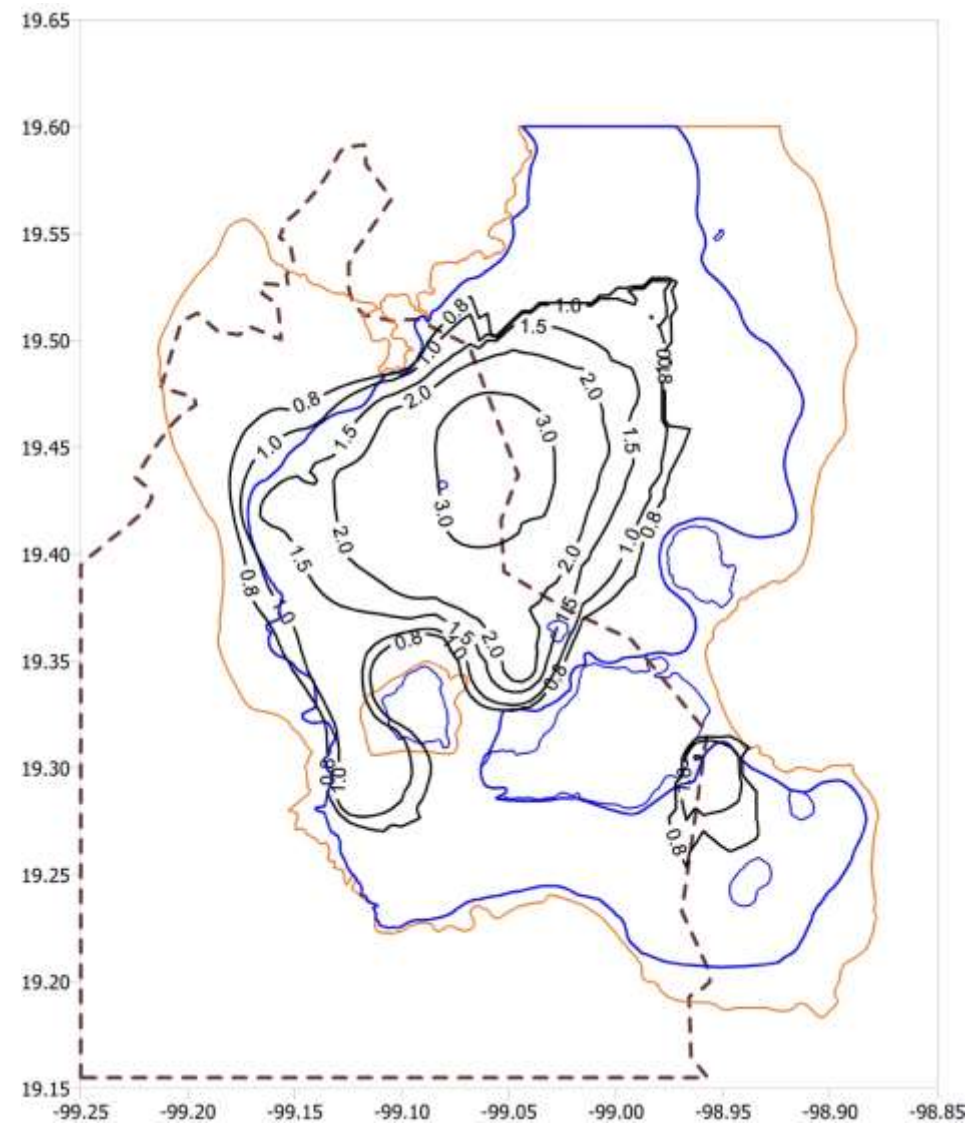
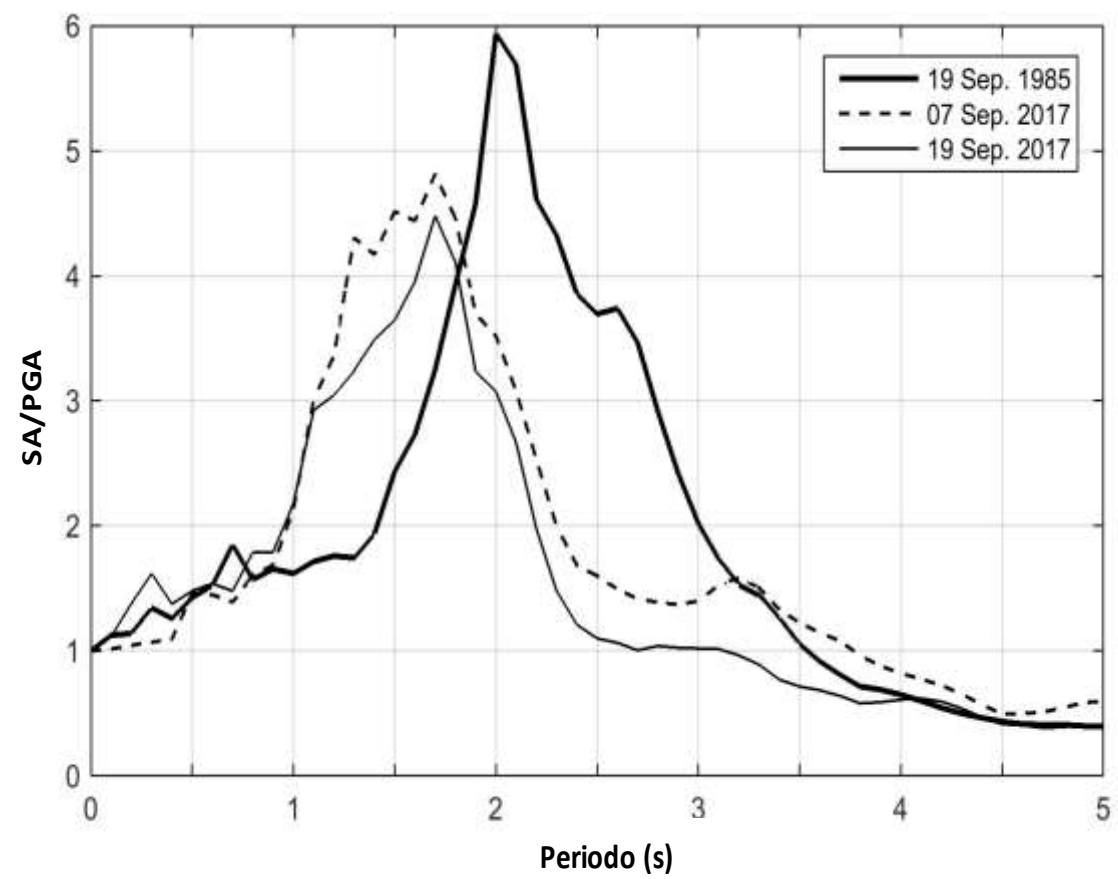


Figure 15 Map of predicted values of T_s in Mexico City for 2050



GEOFÍSICA INTERNACIONAL (2012) 51-2: 143-156

ORIGINAL PAPER

Microtremor measurements to identify zones of potential fissuring in the basin of Mexico

Efraín Ovando-Shelley*, Javier Lermo-Samaniego, Gabriel Auvinet and Edgar Méndez-Sánchez

Received: February 2, 2011; accepted: October 25, 2011; published on line: March 30, 2011



*Grietas en la Calz. I. Zaragoza -Santa Martha Acatitla
(Orilla del Lago)*



*Grietas en la zona de transición de la Calz. I. Zaragoza
hacia la Sierra de Santa Catarina*

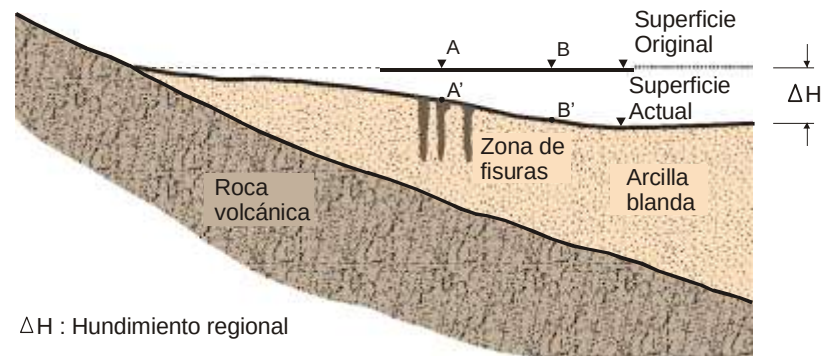
Fig. 55 Grietas típicas



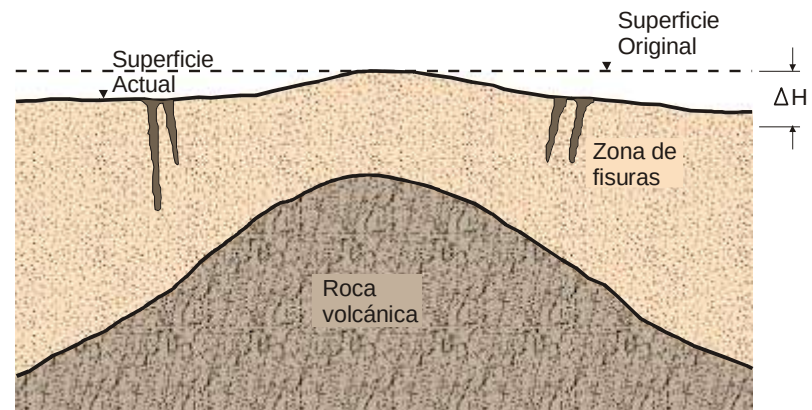








Mecanismo de fisuración a la orilla del lago



Mecanismo de fisuración sobre un domo cubierto

Fig. 57 Condiciones de frontera que generan grietas



Fig. 58 Croquis de localización de las zonas de transición

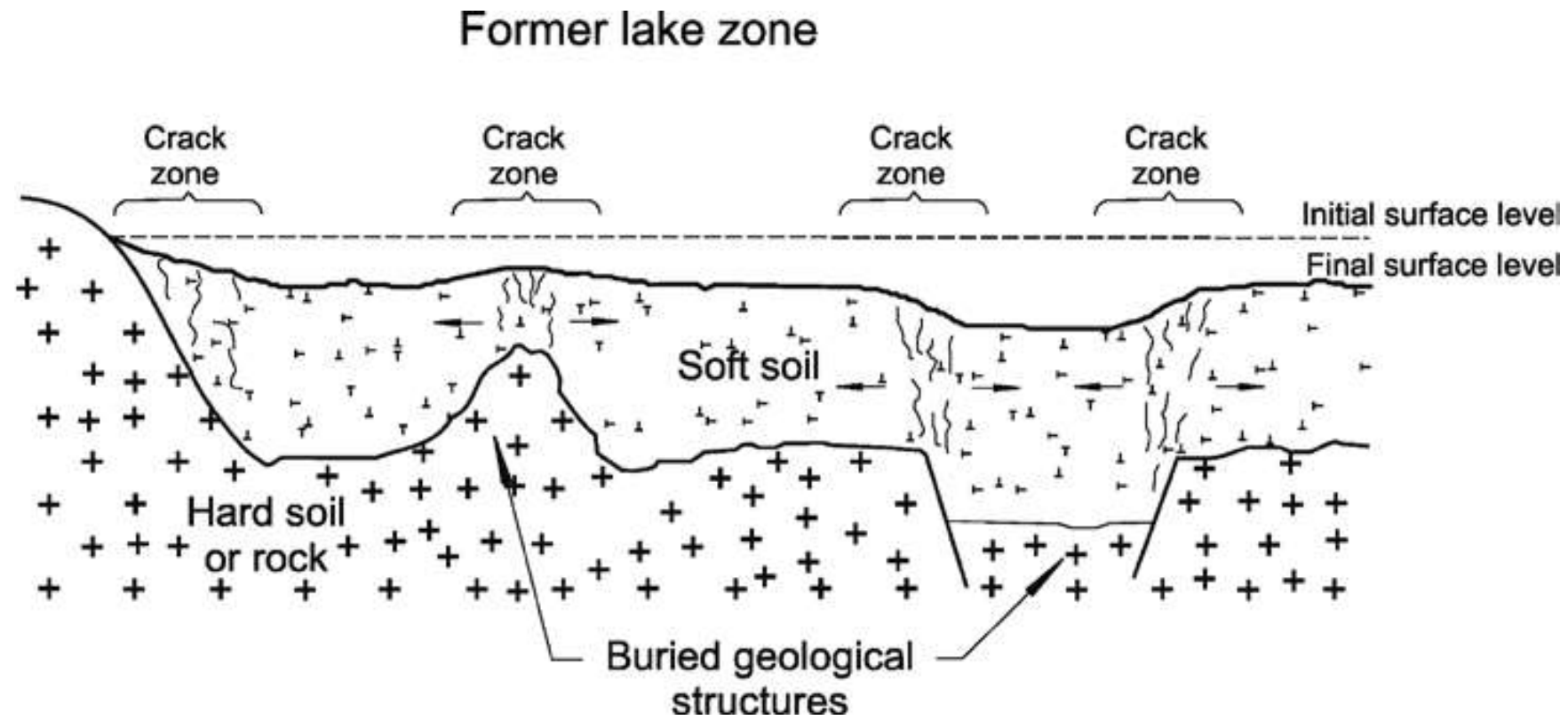
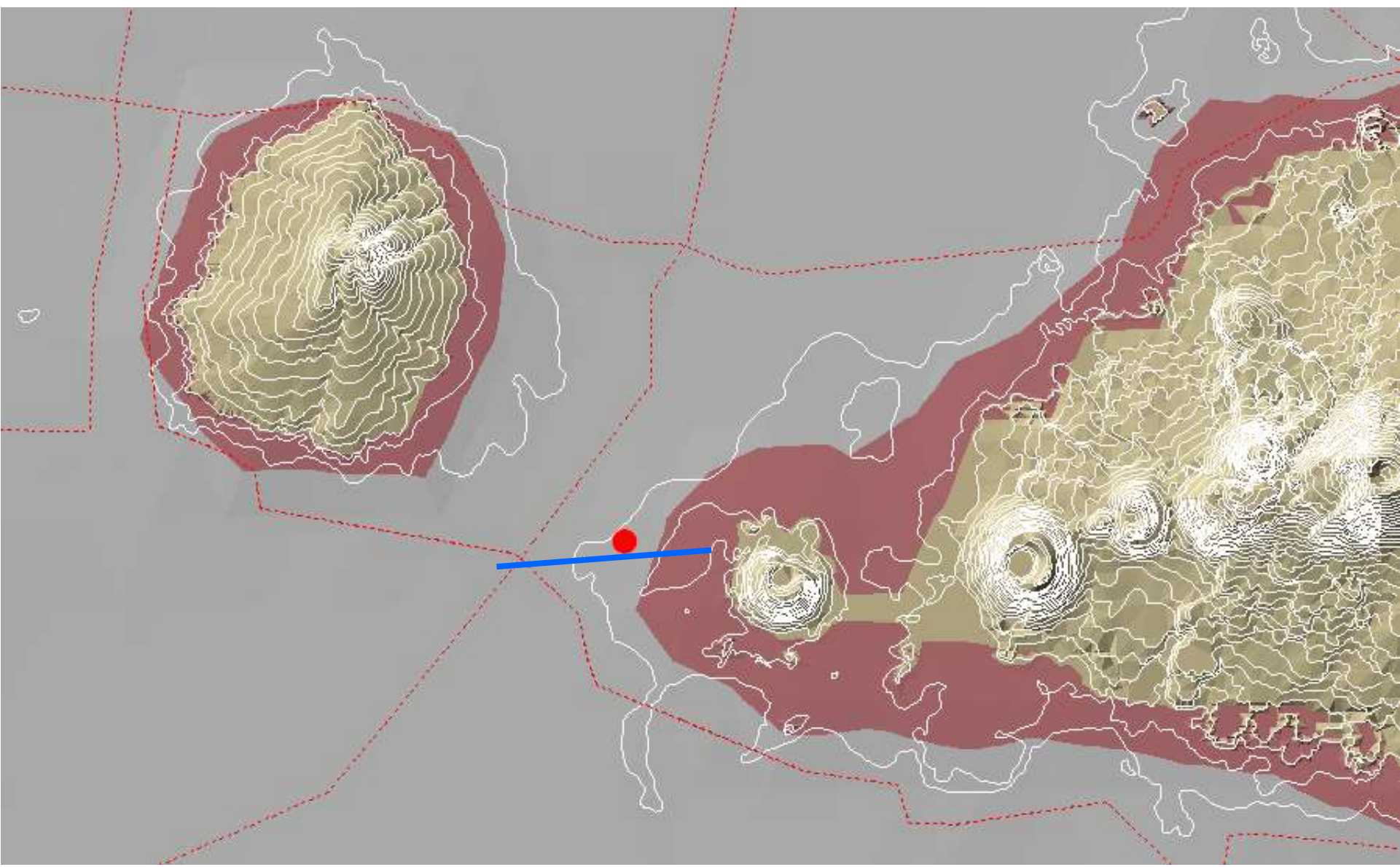


Figure 2. Relationship between crack zones and the morphology of the base rock or hard soil underlying soft compressible strata.



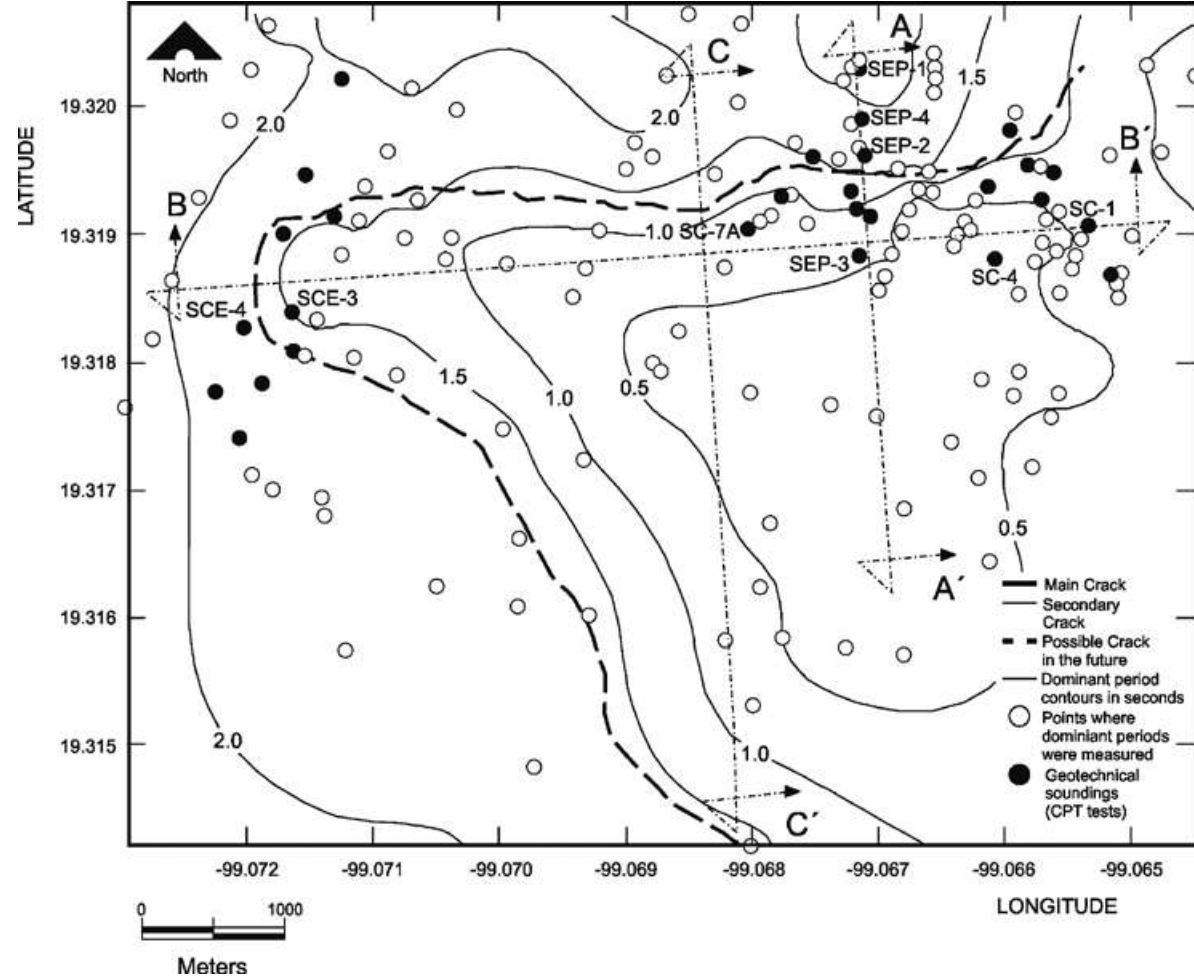
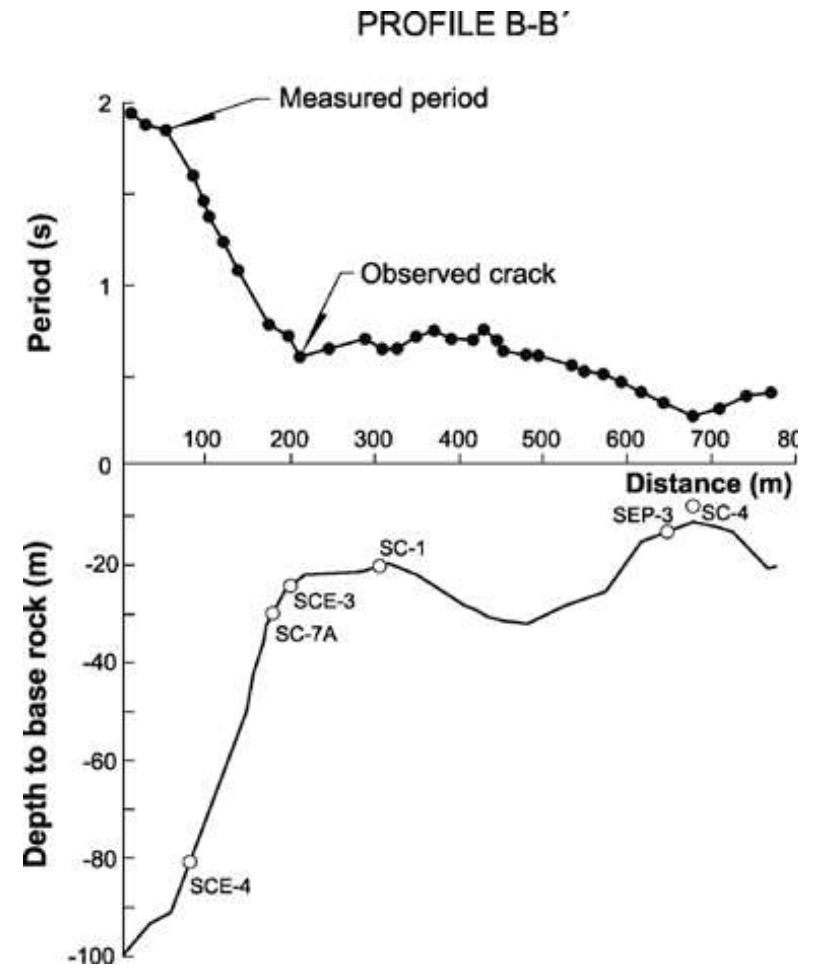
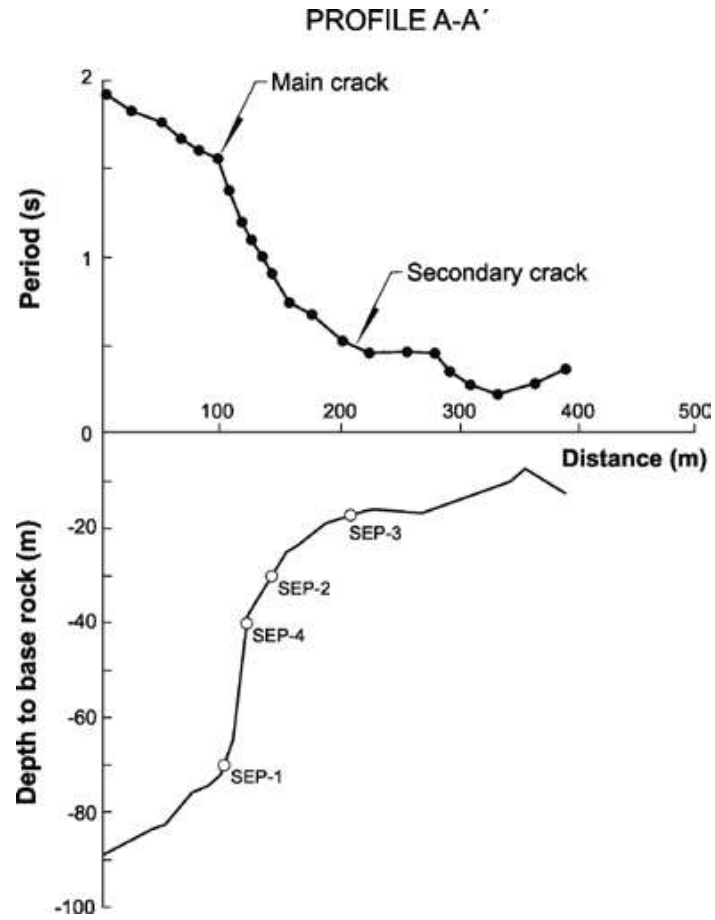
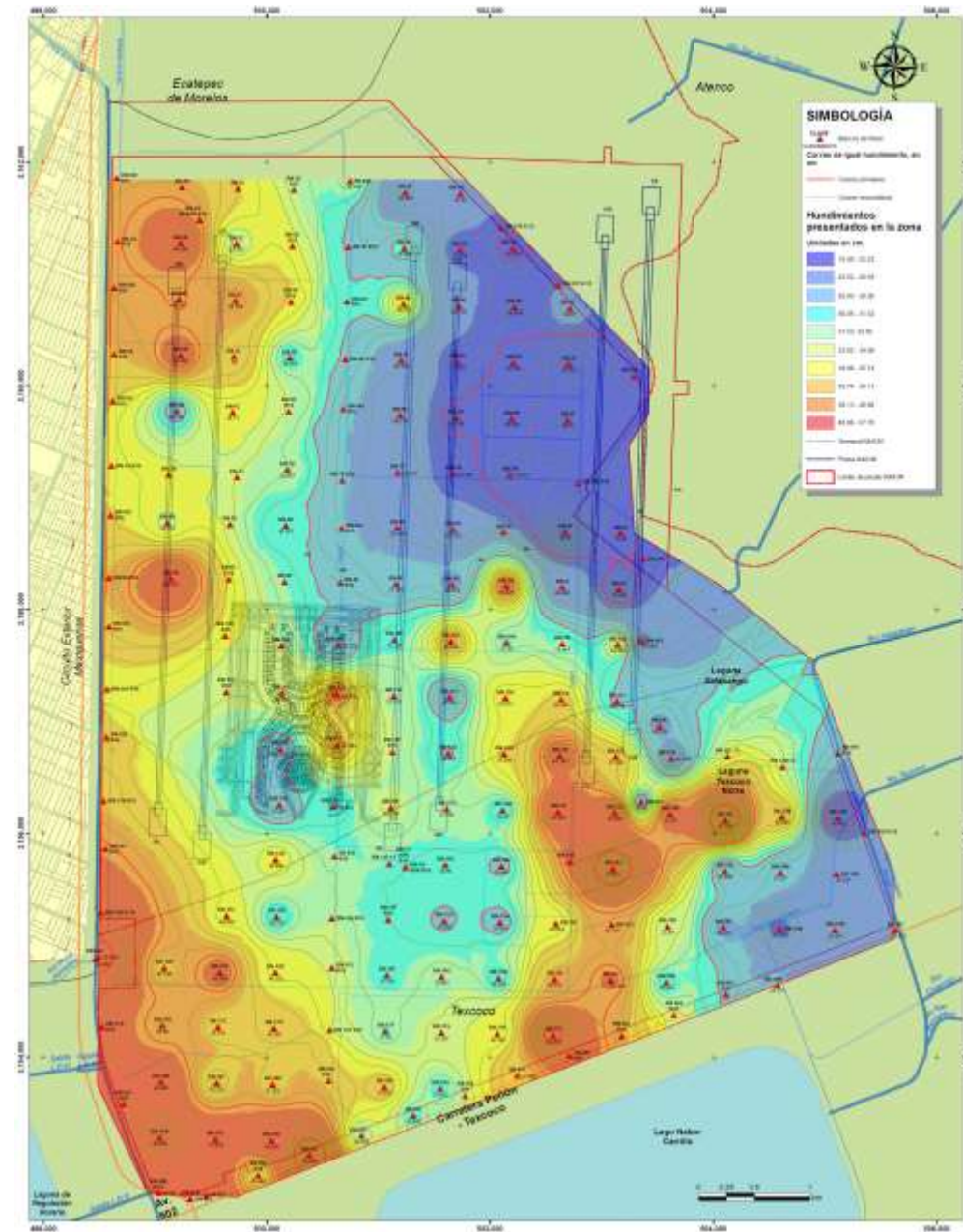


Figure 4. Map of the San Lorenzo area indicating existing cracks as well as zones where cracking may appear in the future. Open dots show the places where noise signals were measured. Full dots indicate the position of geotechnical soundings. Thin continuous lines are equal period contours.



Fake news y los aeropuertos

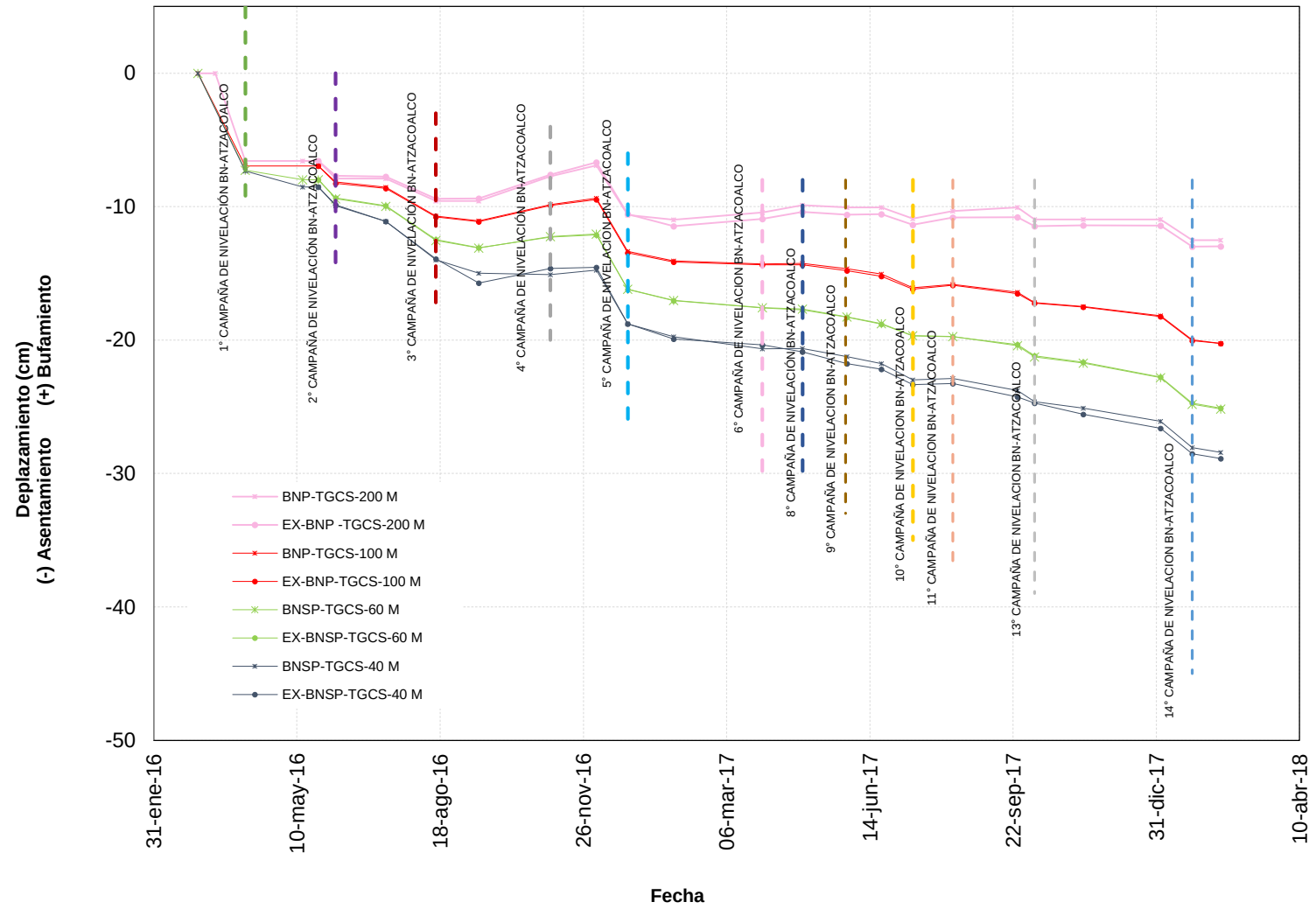
En los muros de Pompeya todavía se pueden ver letreros en los que los grafiteros daban cuenta de falsas noticias, infundios, sobre algunos personajes de la época prevesuviana para desacreditarlos o para mermar su credibilidad. De ahí en adelante el registro histórico muestra que la política suele nutrirse con noticias carentes de sustento, con rumores tendenciosos y de plano con mentiras que, repetidas, a veces hasta parecen verdad. Abundan los ejemplos y en los regímenes totalitarios las noticias falsas han sido instrumento de control para que desde la demagogia se logren implantar políticas o medidas de dudosa legitimidad. Hoy la internet, las redes sociales, el twitter y otros, son terreno fértil para hacer propaganda tendenciosa con noticias falsas o como dice el abominable monstruo güero del norte, con *fake news*. Antes de la llamada consulta sobre el nuevo aeropuerto de la ciudad de México se desató una campaña de noticias falsas sobre el proyecto del nuevo aeropuerto en el antiguo lago de Texcoco. Aquí se discuten algunas de estas:



Tasas de hundimiento en el predio para el aeropuerto de Texcoco

Max: aprox 25 cm/año esquina sur poniente

Promedio: 16 cm/año +/-



Hundimientos en los bancos de nivel profundos en el antiguo lago de Texcoco



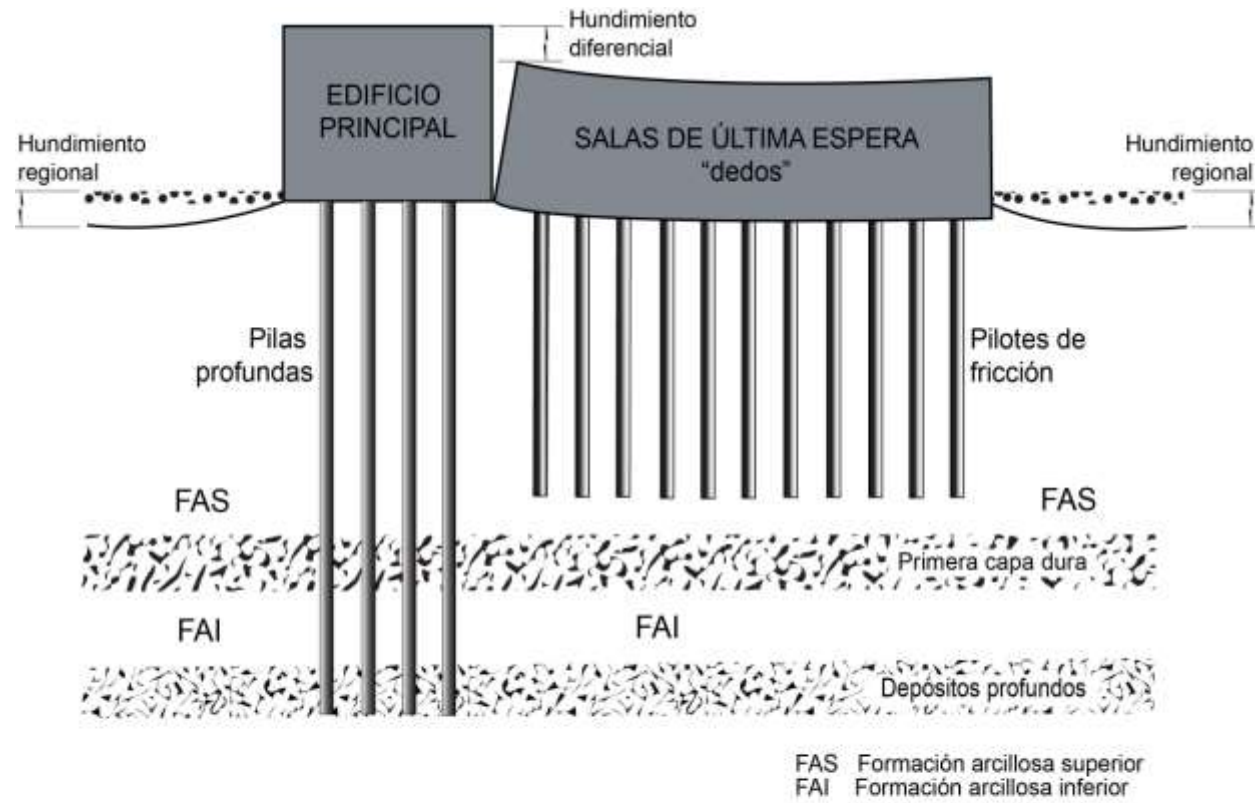
¿aeropuerto o agua?

La porción occidental del predio está constituida por terrenos yermos, áridos,

Foto que circuló en Whats App supuestamente tomada del archivo de Manuel Álvarez Bravo. Parece real y parece corresponder a la porción oriental del lago. Al fondo se ve la Sierra de Guadalupe.



Mediciones del hundimiento regional en el Aeropuerto Benito Juárez tomadas de los datos del Sistema de Aguas de la ciudad de México. Figura adaptada de: Ysamar L. Pino (2018), *Evolución de la respuesta sísmica de ciudad de México. Tesis de Maestría, Div. de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM.*



Corte esquemático simplificado de la terminal 2, de su cimentación y de las condiciones estatigráficas del sitio.



Hemos estimado **muy preliminarmente** que el diferencial entre ambos edificios es de unos 20 cm/año.

Se espera que este edificio dé servicio por 40 o 50 años más, **¡podríamos esperar al final de ese periodo un diferencial de 10 m!**

¿Hay soluciones?

No es cosa de ser

Φ - Φ

Tampoco de ser

Chairo